

TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN TOIMIALA

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotesuunnittelu

INSINÖÖRITYÖ

PNEUMAATTISEN TARTTUJAN VOIMA-ANALYYSI

**Työn tekijä: Mikko Savolainen
Työn valvoja: Heikki Hasari
Työn ohjaaja: Heikki Hasari**

Työ hyväksytty: __. __. 2008

**Heikki Hasari
yliopettaja**

ALKULAUSE

Tämä insinöörityö tehtiin Helsingin ammattikorkeakoulu Stadialle. Haluan kiittää projektissa mukana olleita Helsingin ammattikorkeakoulun henkilökunnan jäseniä.

Erityiskiitos työn valvojalle yliopettaja Heikki Hasarille asiantuntevista neuvoista.

Helsingissä 25.4.2008

Mikko Savolainen

INSINÖÖRITYÖN TIIVISTELMÄ

Tekijä: Mikko Savolainen	
Työn nimi: Pneumaattisen tarttujan voima-analyysi	
Päivämäärä: 25.4.2008	Sivumäärä: nn s. + y liitettä
Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Tuotesuunnittelu
Työn valvoja ja ohjaaja: yliopettaja Heikki Hasari	
<p>Insinööritöyssä määritettiin pneumaattisen tarttujan mekaanisiin osiin vaikuttavia voimia. Voimien määrittäminen tehtiin SimDesigner- ohjelmalla.</p> <p>Ensin mallinnettiin tarttujan osat ja tehtiin kokoonpano Catialla. Kokoonpano siirrettiin SimDesigneriin, jossa kokoonpanon osille määritettiin liikkeet ja voimat. Varsinainen rasi- tusten määrittäminen tehtiin AdamsPostprosessor-ohjelmalla, joka aukeaa SimDesignerin kautta. Adams ei toimi, jos SimDesigner ei ole päällä ja kokoonpano auki.</p> <p>Tulosten todenperäisyyden varmistamiseksi laskettiin SAM5.0-ohjelmalla vertailuarvot vastaavalla mallilla. Työ osoittaa, että SimDesignerillä ja SAM5.0:llä saadut tulokset vastaavat toisiaan.</p>	
Avainsanat: SimDesigner, tarttuja, Adams, mekanismi	

ABSTRACT

Name: Mikko Savolainen	
Title: Force Analysis of Pneumatic Gripper	
Date: 25.4.2008	Number of pages: nn
Department: Mechanical Engineering Study Programme: Product Design	
Instructor and Supervisor: Heikki Hasari, Principal Lecturer	
<p>The purpose of this graduate study was to define the forces that affect the mechanical parts of a pneumatic gripper. The definition of forces was made with SimDesigner.</p> <p>The modelling of the parts and the assembly was carried out with Catia. The assembly was then transferred to SimDesigner. In simDesigner, the motions and forces were determined for the mechanical parts of the assembly. Then the assembly was transferred to the Adams simulation software. In Adams, the forces that affect the assembly were identified. Adams does not work if SimDesigner is not running at the same time and if the assembly is not on in current session.</p> <p>To compare the forces, the same model was analyzed with SAM5.0. The results obtained from the SimDesigner and Adams were compared. This study indicates that the results are similar.</p>	
Keywords: SimDesigner, Gripper, Joint, Adams, Mechanism	

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

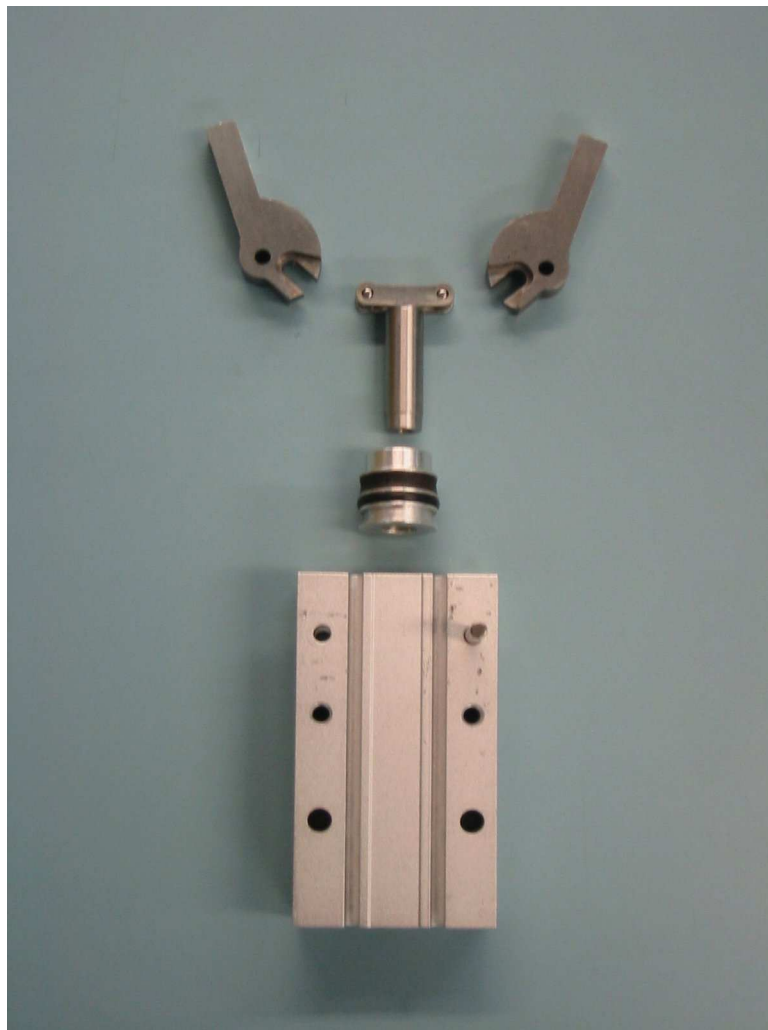
ABSTRACT

1 JOHDANTO	1
2 TARTTUJAN MALLINNUS CATIALLA	3
3 MALLIN SIIRTO SIMDESIGNERIIN	5
4 MALLIN ANALYSOINTI	6
4.1 Ensimmäinen nivel	7
4.2 Toinen nivel	13
4.3 Kolmas nivel	15
4.4 Neljäs nivel	15
4.5 Viides nivel	19
4.6 Kahden viivakäyrän välinen kosketus	20
4.7 Voimaparin määrittäminen leukojen väliin	24
4.8 Pakkoliikkeen määrittäminen	30
4.9 Liikkeen simulointi	30
5 TULOSTEN TARKASTELU ADAMSILLA	32
5.1 Objects	35
5.2 Result Sets	36
6 VERTAILU SAM5-OHJELMALLA	37
6.1 SAM5.0-ohjelmalla saadut tulokset	37
6.2 SimDesignerillä saadut tulokset	41
7 TULOSTEN VERTAILU	45
8 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT	45
VIITELUETTELO	47

1 JOHDANTO

Tässä insinöörityössä määritettiin pneumaattisen tarttujan mekaanisiin osiin kohdistuvia rasituksia. Rasitusten määrittäminen tehtiin SimDesigner- ohjelmalla hyödyntäen ohjelman tutoriaaleja.

Esimerkkinä käytettiin kuvan1 ja kuva2 mukaista tarttujaa. Tarttujan osat mallinnettiin Catia-ohjelmistolla ja koottiin kokoonpanoksi. Varsinainen mekaniikanalyysi tehtiin SimDesignerillä. Vertailutuloksia laskettiin SAM5.0-ohjelmalla.



kuva 1. Esimerkkিতarttujan osat



Kuva 2. Tarttuja koottuna.

2 TARTTUJAN MALLINNUS CATIALLA

Kokoonpanon osat mallinnetaan ja kokoonpano luodaan Catiassa tai Sim-Designerissä. Catia on suositeltavampi. Mallinnetaan tarttujan runko, leuka, sylinteritappi ja sylinteri. Akseli, joka pitää leuan kiinni rungossa, jätetään pois kokoonpanosta. Sitä ei näin ollen ole pakko mallintaa. Leukoja ja sylinteritappeja on molempia kaksi kappaletta, mutta riittää kun mallintaa yhden kummastakin.

Määritetään kokoonpanon osille sidokset (Constraints) eli miten osat sijaitsevat toisiinsa nähden.

Tarttujan rungosta tehdään kiinteä osa (Fix).

Leuan akselireiän keskiviivalle ja rungon akselireiän keskiviivalle määritetään sama- akselisuus (Coincidence) eli ne ovat samalla suoralla. Leuan akselireiän puoleinen reuna määritetään olemaan kosketuksessa (Contact) rungon kanssa. Nyt leualle on määritetty sijainti missä sen tulee sijaita ja miten se pääsee liikkumaan tai kiertymään. Valitaan päivityskomento ja määritykset tulevat voimaan.

Toinen leuka määritetään samoilla asetuksilla.

Sylinteritappi on kiinnitetty leukaan ja se pääsee pyörimään oman akselinsa ympäri. Sylinteritappeja on kaksi kappaletta ja ne määritetään samoilla asetuksilla. Sylinteritappi on yhtä pitkä kuin sylinterin alaosa on leveä. Määritetään sama- akselisuus (Coincidence) sylinteritapin keskiakselille ja reiälle. Määritetään kosketus (Contact) sylinteritapin päädylle ja sylinterin alaosan ulkoreunalle. Nyt sylinteritappi pääsee pyörimään oman akselinsa ympäri, mutta muut liikkeet on estetty.

Sylinteri määritetään siten, että sen pohja on 10 millimetriä rungon sisällä ja sen keskiakseli on samansuuntainen tarttujan rungon keskiviivan kanssa. Määritetään sama-akselisuus (Coincidence) sylinterin keskiakselin ja tarttujan rungon keskiakselin välille. Määritetään etäisyys (Offset) 10 mm rungon pohjan ja sylinterin alaosan välille siten, että sylinteri on rungon sisällä.

Lisäksi määritetään tarttujan leukojen asento siten, että ne ovat 0°:n kulmassa rungon sivuihin nähden. Tämä tehdään sen takia, että lähtötilanne on sama kuin todellisuudessa.

Kaikkien osien mittojen pitää vastata todellista tilannetta, muuten tulokset heittelevät. Samoin valmiin kokoonpanon asennon lähtötilanteessa pitää olla sama kuin todellinen tilanne.

Jos kitkan vaikutus huomioidaan, pitää määrittää alue jolla kitka vaikuttaa. Myös tämän takia on tärkeää, että osien mitat vastaavat todellista tilannetta. Tässä ei huomioida kitkaa.

Jos kokoonpano sisältää akseleita, joiden ympäri liike tapahtuu, jätetään ne pois kokoonpanosta. Ne aiheuttavat vain tarpeettomia niveliä (Joint).

Mikäli kokoonpanon tekee Catiassa, pitää Catia sammuttaa ennen SimDesignerin käynnistämistä, muuten SimDesigner ei toimi oikein. Kaikki kokoonpanon osat ja itse kokoonpano pitää tallettaa Catiassa. Näin SimDesigner toimii varmimmin oikein.

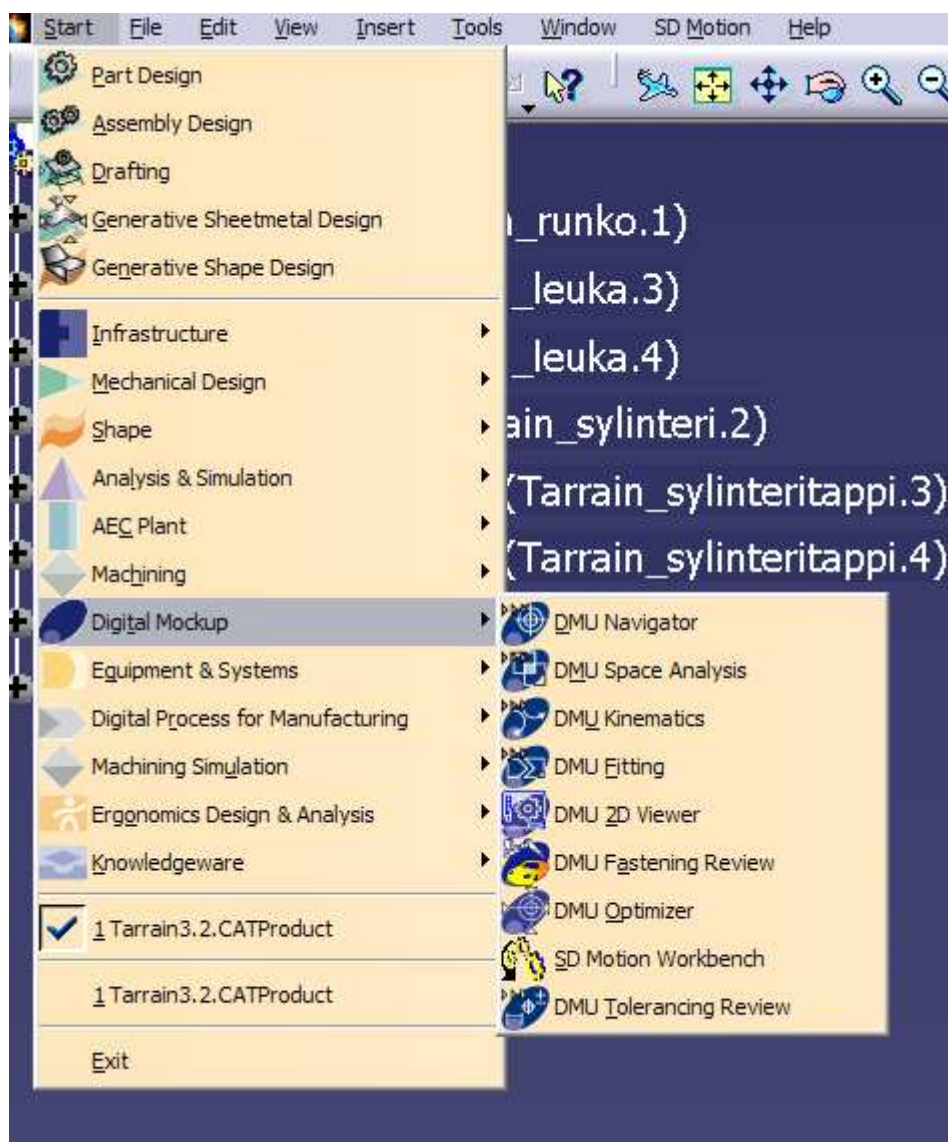
Kun avataan kokoonpano, jossa on määritetty voimia ja liikkeitä, pitää ensin avata SimDesigner. Kokoonpano avataan valikosta *File/Open* ja oikea tiedosto. Jos kokoonpanon avaa muulla tavalla (esimerkiksi muistitikulta suoraan kun SimDesigner ei ole päällä), aukeaa pelkkä kokoonpano, jossa ei ole määritetty liikkeitä ja voimia.

Jos osien mittoja pitää muuttaa, tapahtuu se siten että SimDesignerissä avataan kyseinen osa normaalisti *File/Open*. Osa aukeaa Catian Part Design-moduulissa ja siihen voi tehdä muutoksia. Takaisin SimDesigneriin pääsee *Start/Digital Mockup/SD Motion Workbench* valikosta. Muutokset ovat heti voimassa.

Catiasta ei pääse SimDesigneriin Start valikon kautta.

3 MALLIN SIIRTO SIMDESIGNERIIN

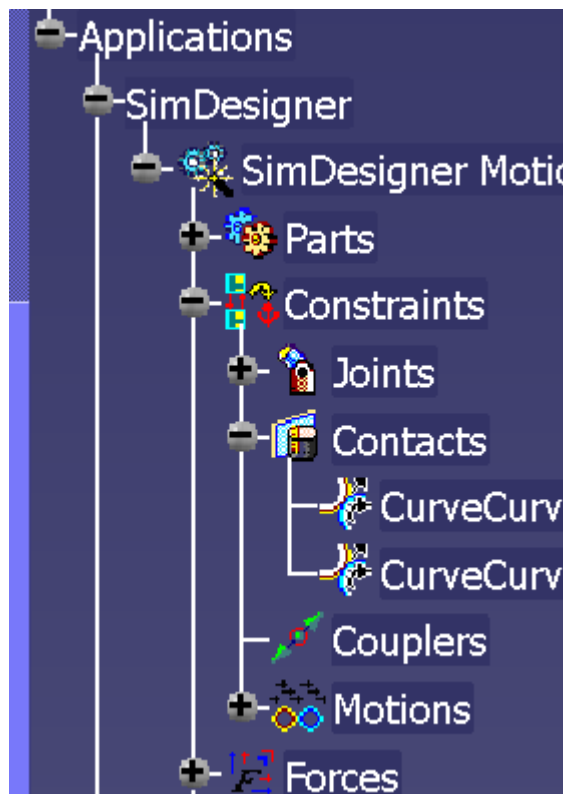
Suljetaan Catia ja avataan SimDesigner. Avataan Catiassa luotu kokoonpano *File/Open* ja oikea tiedosto. Kun kokoonpano on avattu SimDesignerissä, mennään *Start/Digital Mockup/SD Motion Workbench*. (Kuva 3)



Kuva 3. Valikko SD Motion Workbench -moduuliin.

Tämän jälkeen tulee näkyviin valikko nimeltä SD Motion ja rakennepuun loppuun tulee Applications ja plussan taakse SimDesigner ja seuraavan plussan taakse SimDesigner Motion. Kaikki liitokset (Joints), liikkeet (Motion) ja voimat (Forces), jotka malliin määritetään, näkyvät tässä kohdassa raken-

nepuuta. Jos esimerkiksi rakennepuun Motion (liike)-kohdan edessä on plus-merkki (kuva 4), tiedetään, että malliin on määritetty liikettä.



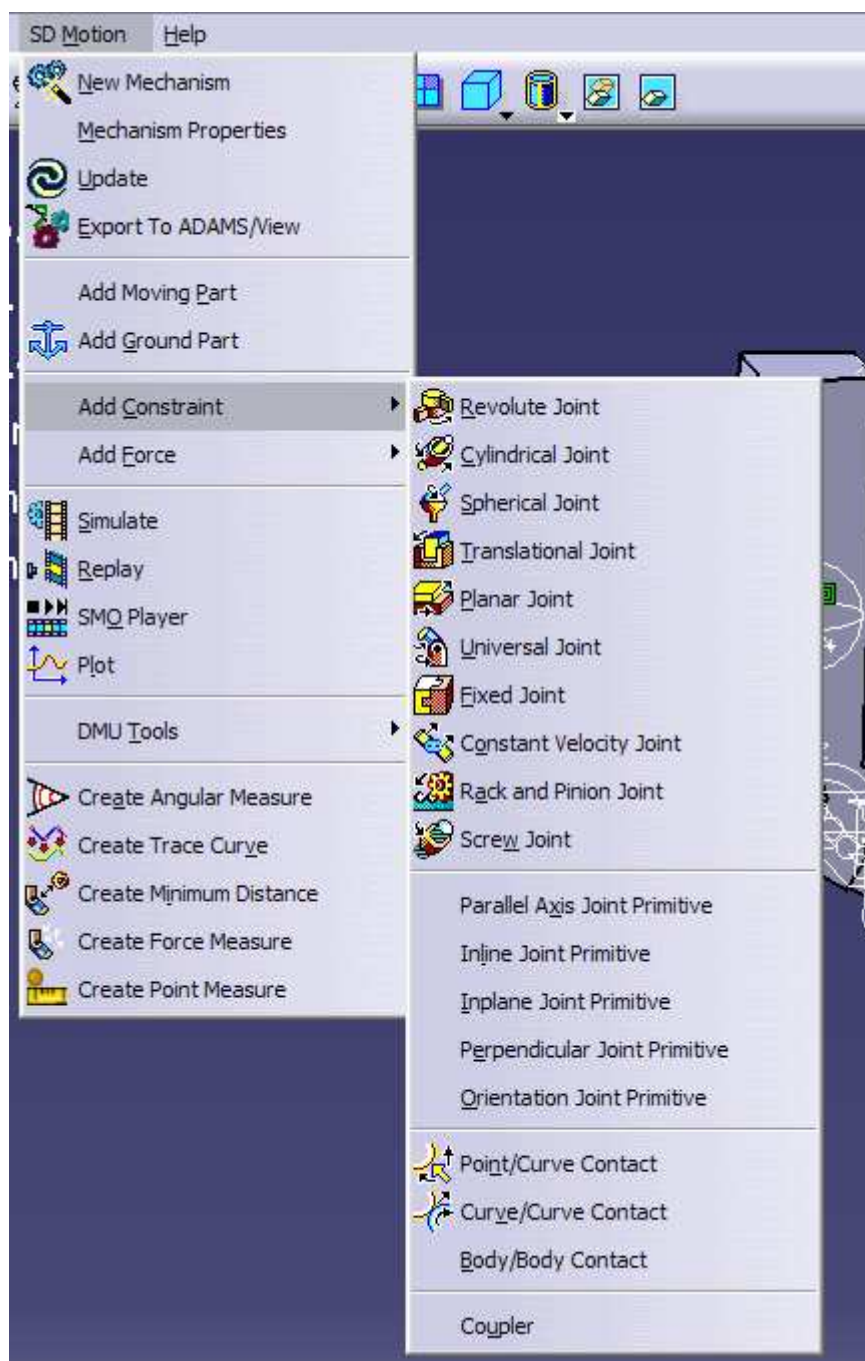
Kuva 4. Rakennepuunäkymä, josta tiedetään, että malliin on määritetty liike.

Rakennepuun kautta pystyy muokkaamaan määritettyä liikettä tai poistamaan sen.

SD Motion -valikko ylhäällä kertoo, että työskennellään oikeassa moduulissa eli *Start/Digital Mockup/SD Motion Workbench*.

4 MALLIN ANALYSOINTI

Määritetään kokoonpanon osille nivelet (Joints) eli miten osat pääsevät liikkumaan toistensa suhteen ja millainen liike niille sallitaan. Tämä tapahtuu valikosta *SD Motion/Add Constraint* (kuva 5) ja valitaan oikea Joint -tyyppi.



Kuva 5. Nivelen (Joint) määrittäminen.

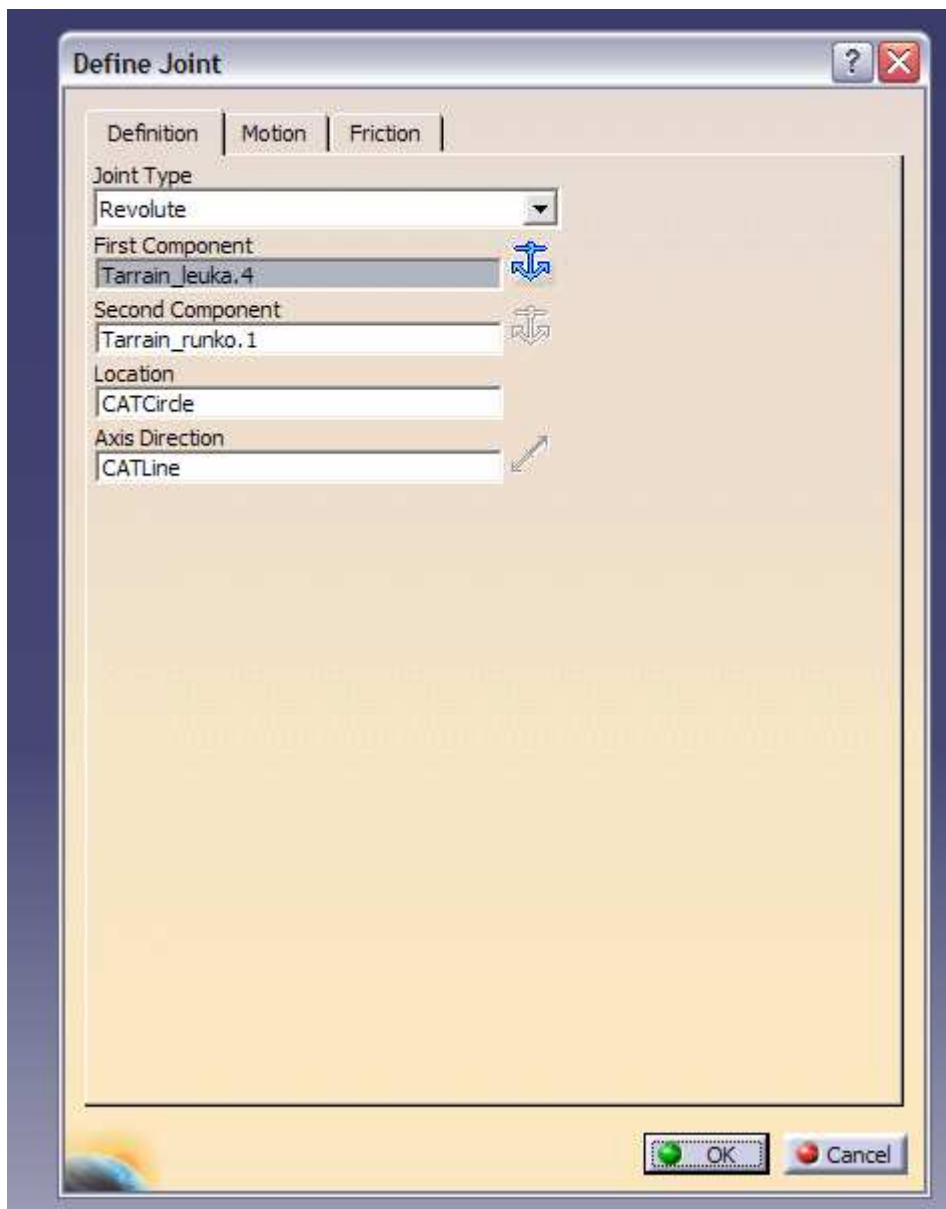
4.1 Ensimmäinen nivel

Määritetään liikkeet ja vapausasteet siten, että tarttujan leuka pääsee kiertämään akselin ympäri.

Ennen kuin tekee SimDesignerissä kokoonpanolle mitään, pitää Catiassa tehdyssä kokoonpanossa olla kaikki määrytykset kunnossa. Poikkeuksena

akselit, joiden ympäri tarraimen leuat pyörivät. Ne on jätetty pois kokoonpanosta.

Valitaan ylhäällä oleva valikko *SD Motion/Add Constraint/Revolute Joint*. Revolute Joint -tapauksessa osa pääsee kiertymään toisen osan ympäri. Nyt tarttujan leuka kiertyy akselin ympäri.



Kuva 6. Revolute Joint -nivelen määrittämisen välilehti.

Näytölle tulee näkyviin ikkuna Define Joint (kuva 6) ja välilehti Definition. Tässä ikkunassa määritetään liike eli mikä liikkuu ja minkä suhteen. Komponentit voi valita joko rakennepuusta tai kokoonpanosta. Selkeyden takia kannattaa käyttää rakennepuuta varsinkin suurissa kokoonpanoissa.

Kun osa on valittu, tulee näkyviin nimi, jolla se on mallinnettu. Näin tiedetään että kyseessä on varmasti oikea osa.

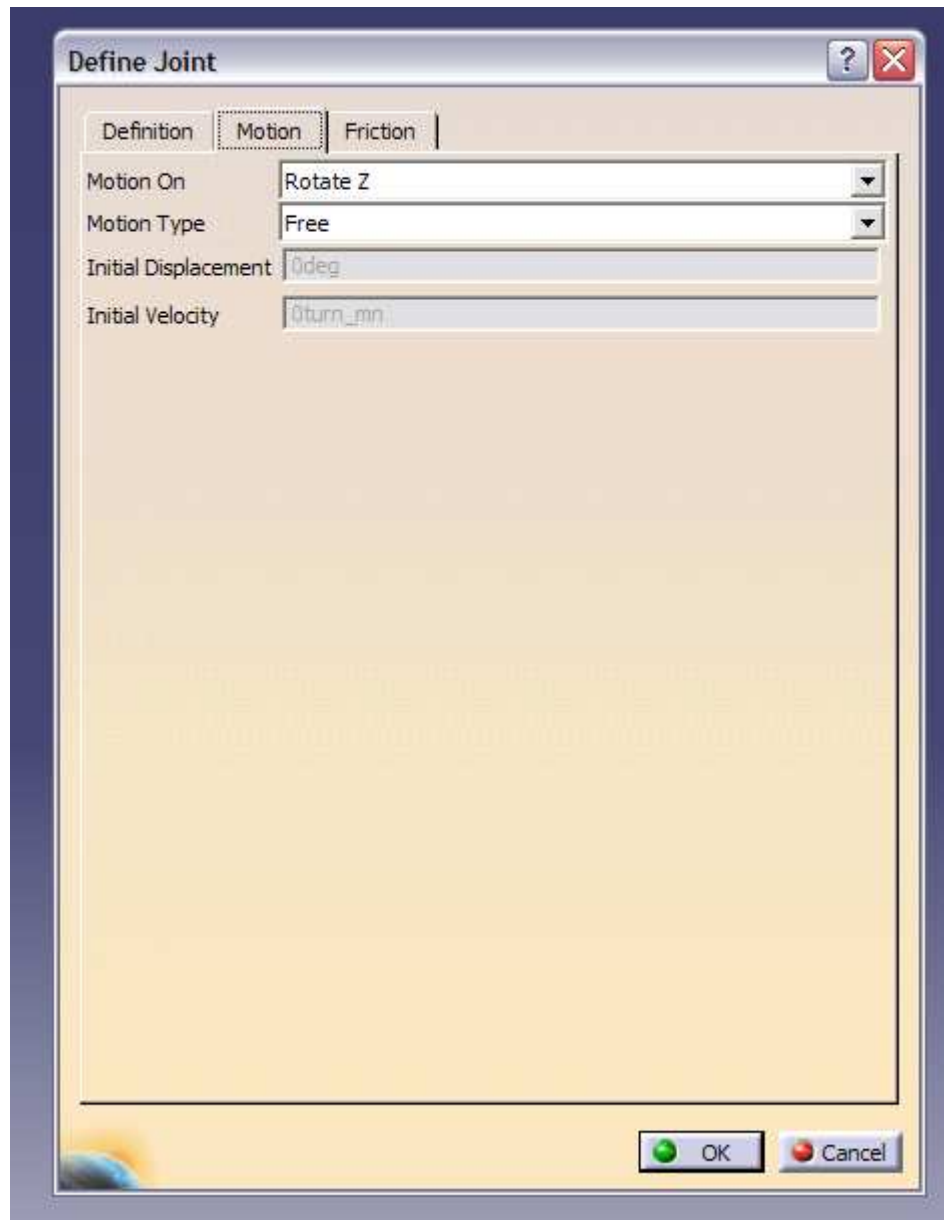
- Joint Type. Määritetään, millainen liike nivelessä on mahdollinen. Vaihtoehdolla Revolute osa pyörii toisen osan ympäri, jolloin leuka pääsee pyörimään akselin ympäri. Koska valikosta valittiin Revolute Joint, se on automaattisesti kohdassa Joint Type.

- First Component. Määritetään, mikä osa liikkuu. Aktivoidaan valintarivi klikkaamalla, jolloin se muuttuu siniseksi. Valitaan siihen joko kokoonpanosta tai rakennepuusta oikea osa. Tarrain_Leuka1 teksti tulee näkyviin kohtaan First Component.

- Second Component on osa, jonka ympäri liike tapahtuu. Määritys tehdään samalla tavalla kuin First Componentille.

- Location. Määritetään sijainti, missä liike tapahtuu. Kun leuka pyörii akselin ympäri, tapahtuu liike akselireiässä. Valitaan tähän akselireiän sisäpinta. Kohtaan Location tulee teksti CATCircle.

- Axis Direction. Määritetään liikkeen suuntavektori. Siihen valitaan akselireiän keskiviiva, koska kiertäminen tapahtuu sen ympäri. Kun tämä on tehty, tulee kohtaan Axis Direction teksti CATLine.



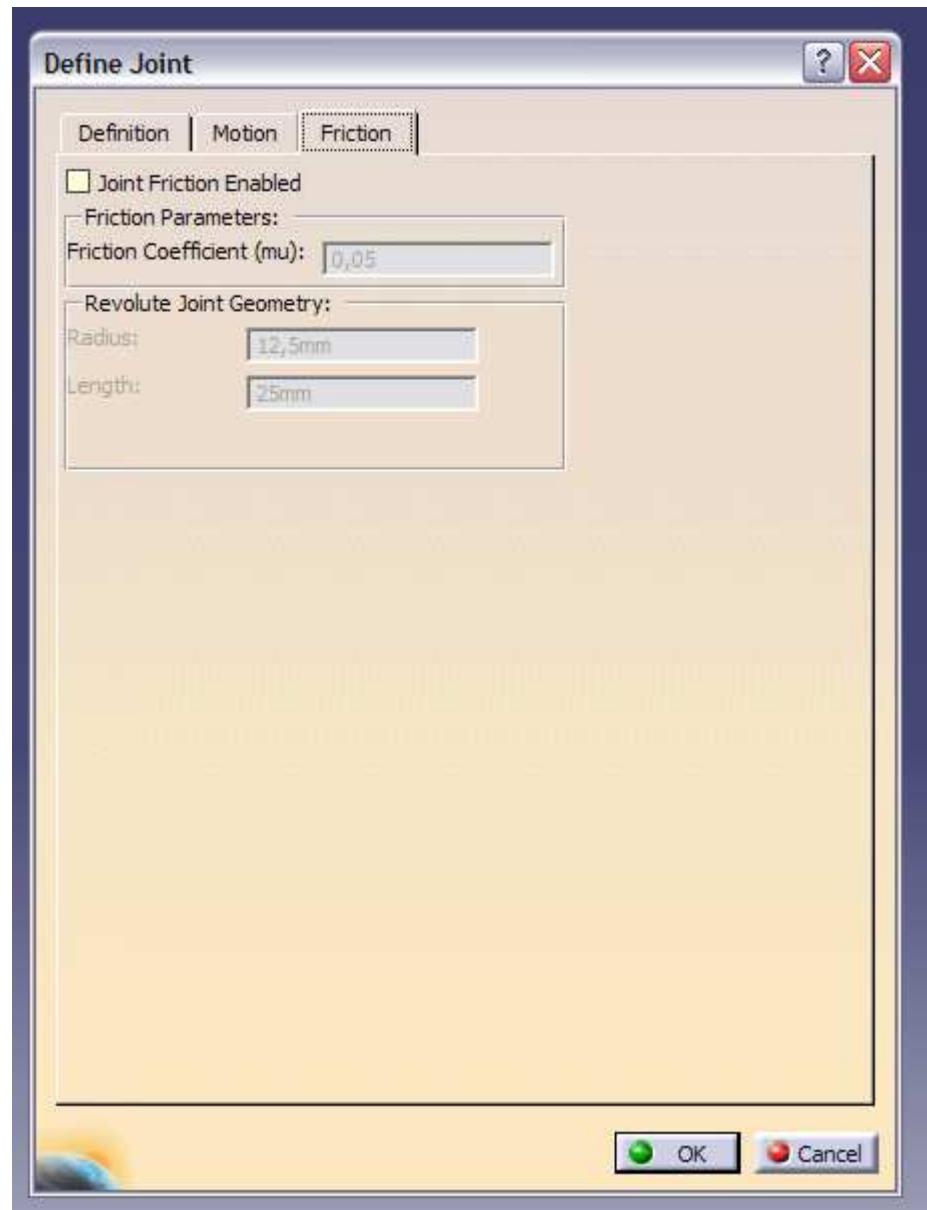
Kuva 7. Motion -välilehti Revolute Joint -nivelen määrittämisessä

Jatketaan välilehdelle Motion (kuva 7), jossa määritetään liike Joint: iin. Välilehti Definition pitää olla määritettynä siten, että liiketyyppi on mahdollinen, ennen kuin määrittää välilehden Motion.

Välilehdellä Motion määritetään seuraavat tekijät:

- Motion On. Liikkeen suunta. Kiertäminen z-akselin ympäri (Rotate Z) on ainoa vaihtoehto.

- Motion Type. Millainen liike on. Valitaan Free eli vapaa liike. Tämä tarkoittaa sitä, että leuka liikkuu ulkoisen voiman vaikutuksesta. Tässä sylinteri liikkuu ja liikuttaa samalla tarttujan leukaa.

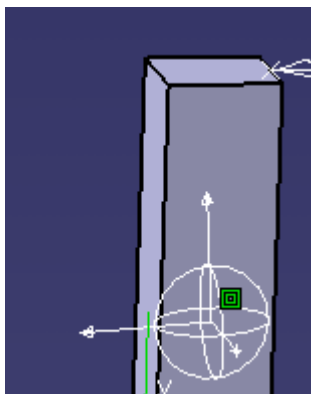


Kuva 8. Friction -välilehti.

Kolmas välilehti on Friction eli kitka (kuva 8). Tässä ei huomioida kitkaa. SimDesigner oletusasetuksena ei huomioi kitkan vaikutusta.

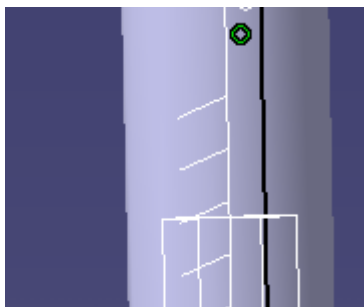
Kun välilehdet Definition ja Motion on määritetty, hyväksytään asetukset valitsemalla OK.

Kun välilehdet Joint ja Motion on määritetty, tulee leuan massakeskipisteesseen pallo, jonka keskipisteessä sijaitsee koordinaatisto (kuva 9).



Kuva 9. Symboli, joka kertoo, että osa pääsee liikkumaan.

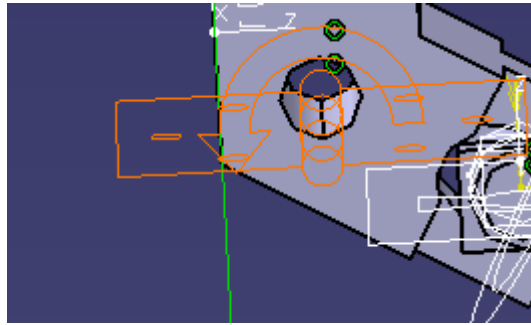
Tämä symboli kertoo, että osa on liikkuva osa. Rakennepuussa kohdassa *Applications/SimDesigner/SimDesigner Motion/Parts* on Moving Parts (liikkuvat osat) ja Ground Parts (paikallaan pysyvät osat). Vastaavasti Ground Parts:hin tulee näkyviin haravan näköinen kuvake (kuva 10).



Kuva 10. Symboli, joka kertoo, että osa ei pääse liikkumaan.

Välilehtien määrittämisessä pitää edetä järjestelmällisesti välilehdeltä toiselle: ensin Definition -välilehti, jossa määritetään mikä liikkuu minkä suhteen, sitten Motion- välilehti, jossa määritetään, millainen liike on ja viimeisenä määritetään Friction -välilehti, jos tarpeen.

Jos hyväksyy yhden välilehden määrittäykset valitsemalla OK, pääsee takaisin jatkamaan määrittämistä rakennepuun kautta tai valitsemalla oikean Jointin kokoonpanosta.

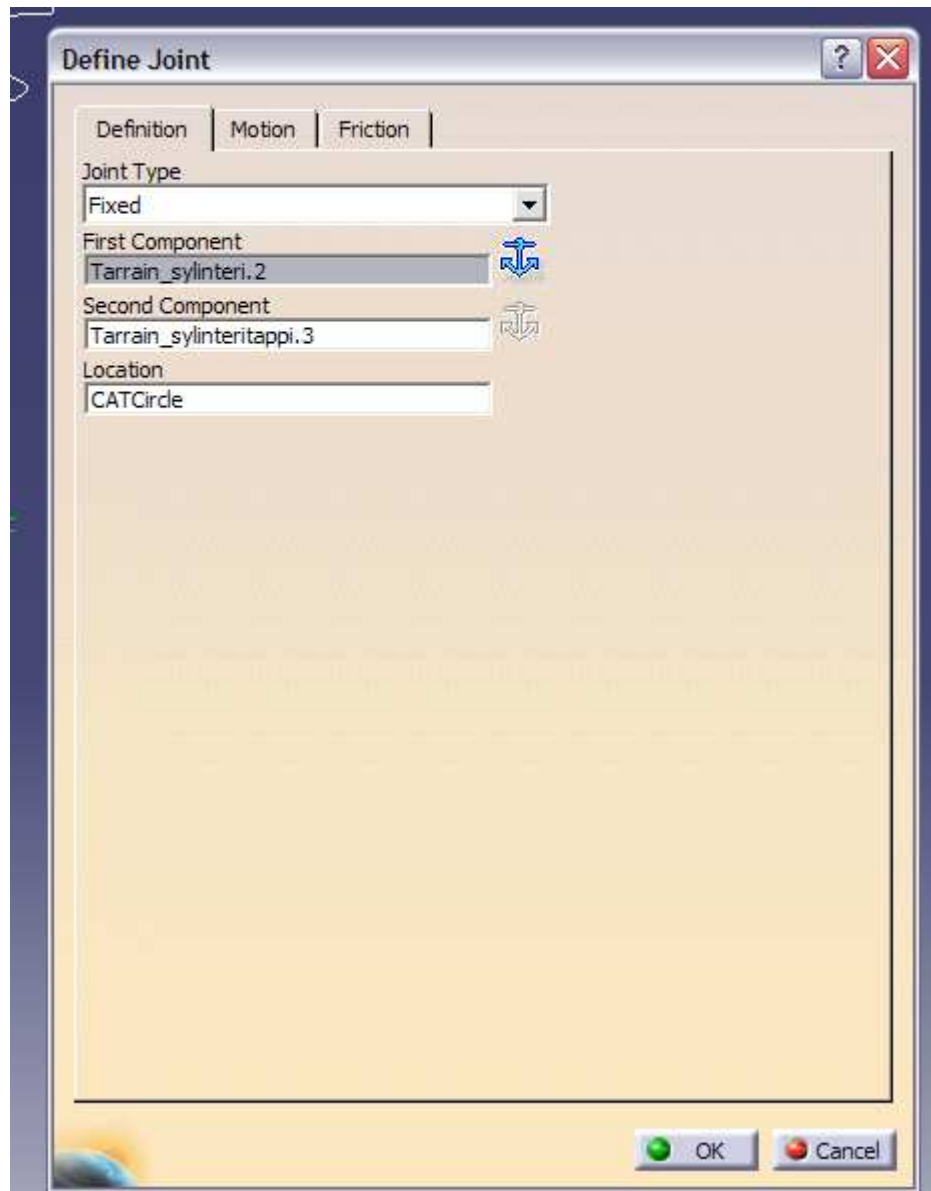


Kuva 11. Punainen saranasymboli, joka kertoo, että Revolute Joint on määritetty.

Kun liike on määritetty eli välilehdet Definition ja Motion on määritetty oikein, tulee ruudulle näkyviin saranat (kuva 11), jotka ilmoittavat että liike on määritetty ja lisäksi positiivisen kiertosuunnan näyttävä nuoli.

4.2 Toinen nivel

Sylinteritapin ja sylinterin välille määritetään kiinteä liitos (Fixed Joint). Se tarkoittaa, että sylinteritappi ja sylinteri eivät pääse liikkumaan toistensa suhteen. Valitaan *SD Motion/Add Constraint/Fixed Joint*. Ikkuna Define Joint (kuva 12) tulee näkyviin ja välilehti Definition.



Kuva 12. Fixed Jointin määrittelyikkuna.

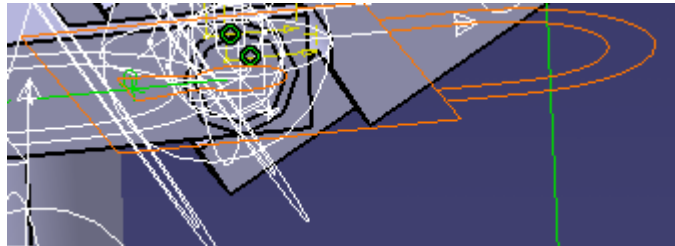
Fixed Joint -määrittelyikkunassa on myös välilehdet Motion ja Friction. Tällaiseen liitokseen ei voida määrittää liikettä eikä kitkaa. Kyseisille välilehdille pääsee, mutta niitä ei pysty muokkaamaan.

Jointille määritetään seuraavat ominaisuudet:

- Joint Type. Millainen liitos on. Koska valikosta *SD Motion* on valittu, että määritetään Fixed Joint, on se automaattisesti tässä kohdassa.
- First Component. Liitoksen toinen osapuoli. Valitaan tähän sylinteri

- Second Component. Liitoksen toinen osapuoli. Valitaan tähän sylinteritappi.
- Location. Sijainti missä liitos on. Valitaan tähän sylinteritapin ulkopinta.

Hyväksytään määritykset valitsemalla OK.



Kuva 13. Lukko, joka kertoo, että Fixed Joint on määritetty.

Kun Fixed Join on määritetty, tulee näytölle näkyviin lukko (kuva 13). Tästä tiedetään, että liitos on onnistuneesti määritetty.

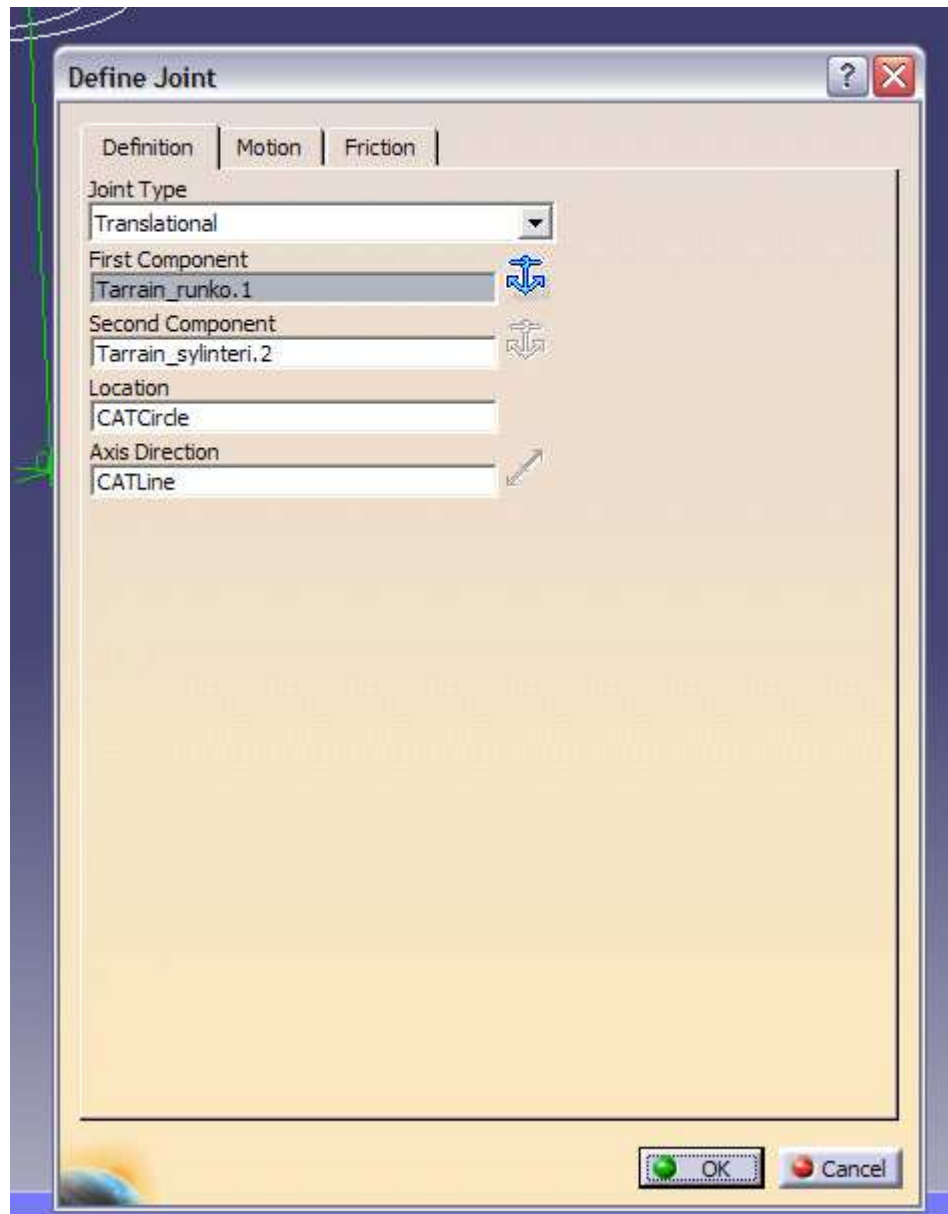
4.3 Kolmas nivel

Määritetään toinen sylinteritappi ja sylinteri samalla tavalla kuin Joint3.

4.4 Neljäs nivel

Määritetään sylinterille lineaariliikkeen salliva nivel (Translational Joint). Tämä tarkoittaa sitä, että sylinteri pääsee liikkumaan vai määritetyn akselin suunnassa.

Valitaan *SD Motion/Add Constraint/Translational Joint*.



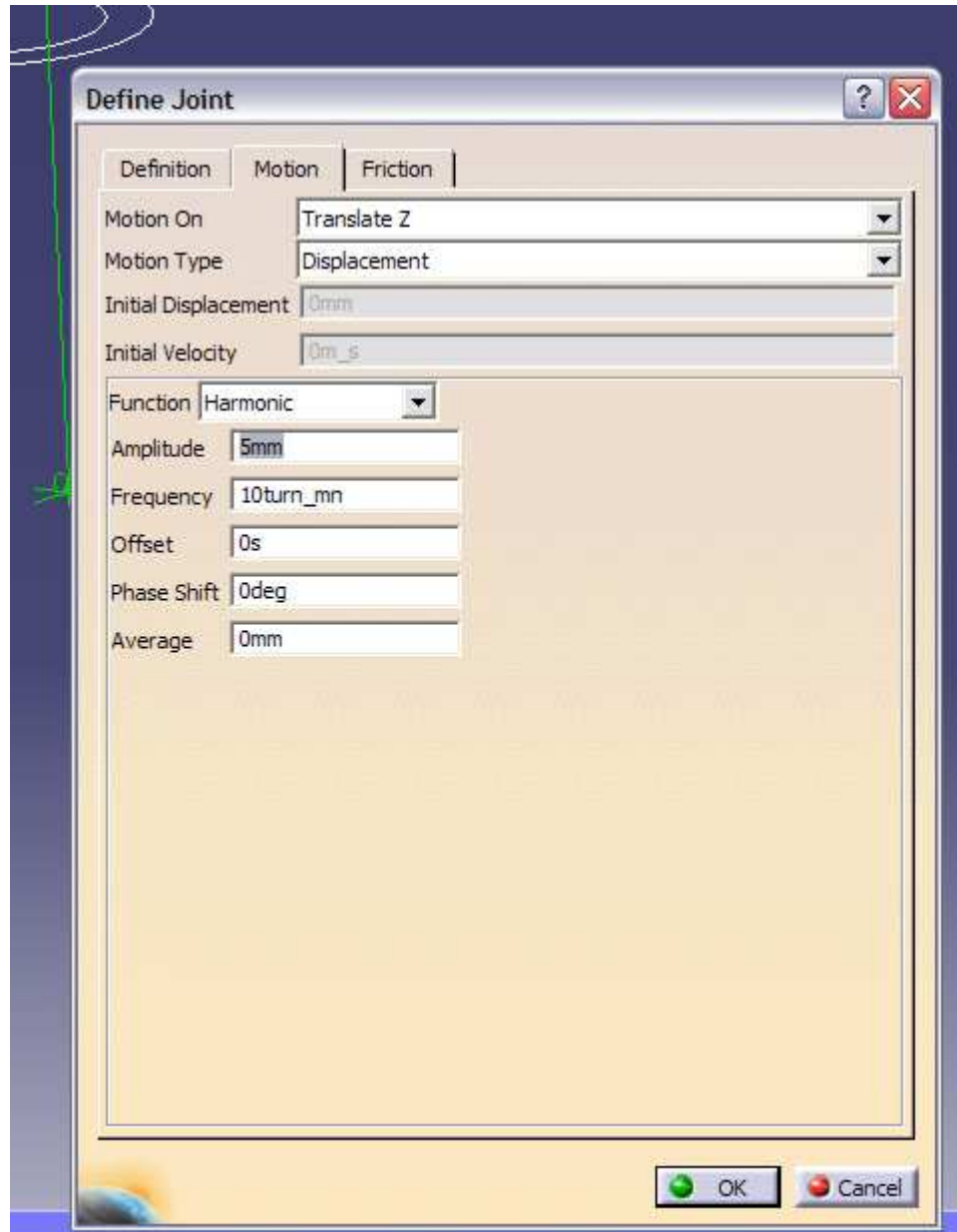
Kuva 14. Translational Joint- määrittysikkuna.

Näytölle tulee ikkuna Define Joint (kuva 14) ja välilehti Definition. Tässä valintaikkunassa määritetään liitoksen ehdot.

- Joint Type. Tähän tulee automaattisesti Translational Joint.
- First Component. Osa, jonka suhteen liike tapahtuu. Valitaan tarttujan runko.
- Second Component. Osa, joka liikkuu. Valitaan sylinteri.
- Location. Sijainti, missä liike tapahtuu. Valitaan sylinterin ulkopinta. Valinta onnistuu vain sylinterin päästä, koska pallopintaa ei voi valita.

- Axis Direction. Akselisuunta, jossa liike tapahtuu. Valitaan tähän sylinterin keskiviiva.

Siirrytään välilehdelle Motion (kuva 15) määrittämään liike Jointiin.



Kuva 15. Välilehti liikkeen määrittämisen (Motion).

-Motion On. Liikesuunta, jossa liikkuminen on sallittu. Liikkuminen Z-akselin suunnassa (Translate Z) on ainoa vaihtoehto.

- Motion Type. Millainen liike on kyseessä. Vaihtoehtoina ovat

- Free (vapaa)
- Displacement (siirtymä)
- Velocity (nopeus)
- Acceleration (kiihtyvyys)

Valitaan Displacement.

- Function. Liikkeen muoto. Vaihtoehtoina ovat

- Constant (vakio)
- Harmonic (harmoninen)
- Step (askel)
- Spline (spline- käyrä)
- Expression (lauseke)

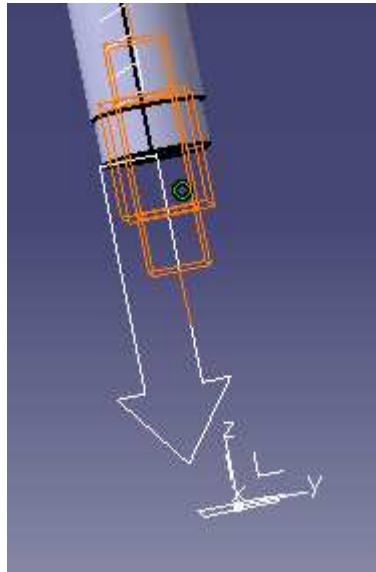
Valitaan Harmonic

- Amplitude. Määritetään liikkeen amplitudi. Laitetaan arvoksi 5 mm.

- Frequency. Taajuus yksikössä kierrosta/minuutti. Oletusarvona tässä kohdassa on 10. Säilytetään oletusarvo. Jos tässä kohdassa on arvona nolla, ei liikettä tapahdu.

Hyväksytään määritykset valitsemalla OK.

Näytölle tulee sylinterin kohdalle näkyviin symboli, joka kertoo että nivel on määritetty. Lisäksi tulee näkyviin nuoli, joka kertoo voiman positiivisen suunnan (kuva 16).

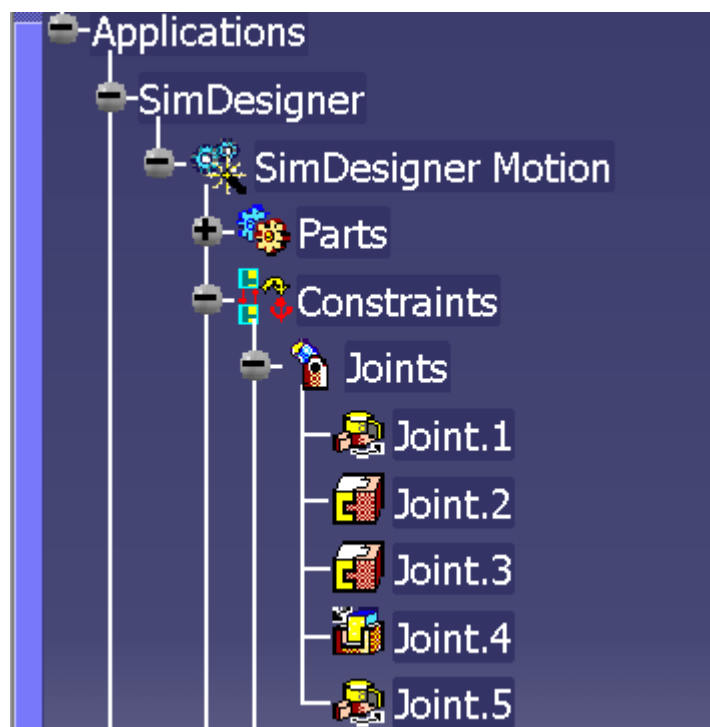


Kuva 16. Punaisella symboli, joka kertoo että Translational Joint on määritetty

4.5 Viides nivel

Määritetään liike toiseen leukaan. Määitykset tehdään samalla tavalla kuin Joint1.

Kaikki nivelet (Joints) tulevat näkyviin rakennepuuhun (kuva 17). Niistä selviää, mikä on minkä kanssa yhteydessä ja millainen nivel on kyseessä.

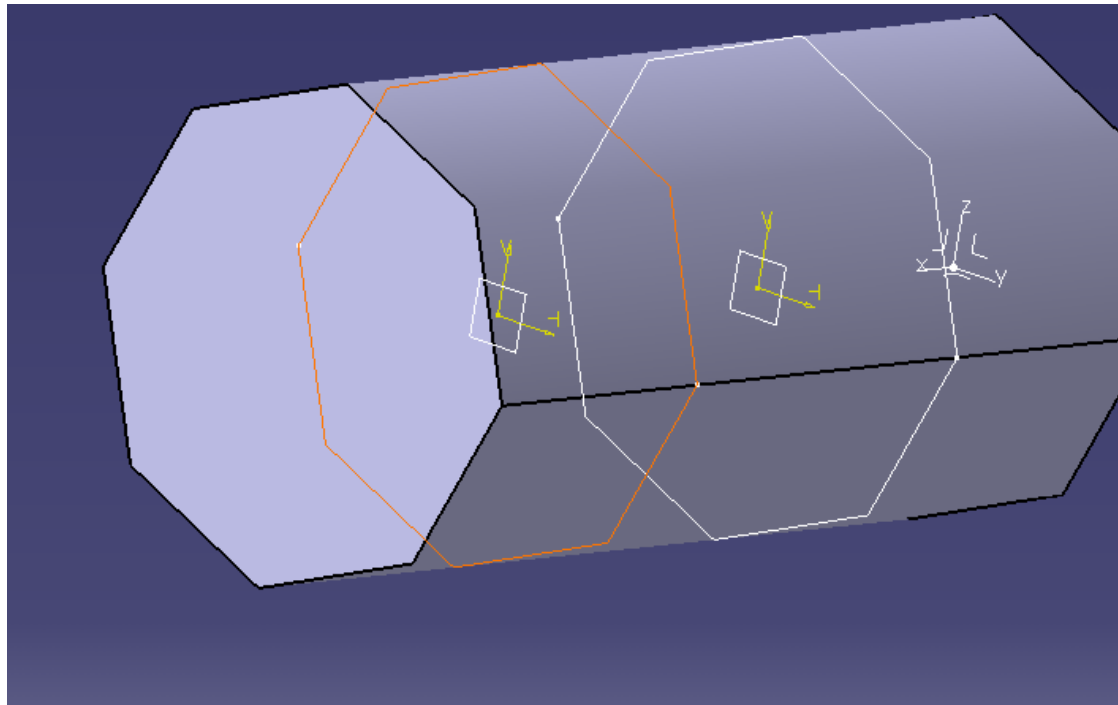


Kuva 17. Kun nivelet (Joint) on määritetty, näyttää rakennepuu tältä kohdasta Joint.

4.6 Kahden viivakäyrän välinen kosketus

Kun sylinteri liikkuu, se aiheuttaa samalla sylinteritappien välityksellä liikettä leukoihin. Jotta liike olisi mahdollinen, pitää määrittää viivakosketus (Curve/Curve Contact) sylinteritapin ja leuan hahlon välille.

Jotta oikeanlainen ja toimiva viivakosketus (Curve/Curve Contact) on mahdollista tehdä, pitää sylinteritappiin tehdä leikkauskäyrä (kuva 18), jota pitkin kosketus on mahdollinen. Sylinteritappiin mallinnetaan molemmista päistä 30 millimetrin päähän aputaso. Aputasoilla leikataan sylinteritappi, jolloin muodostuu leikkauskohtaan ympyrä.

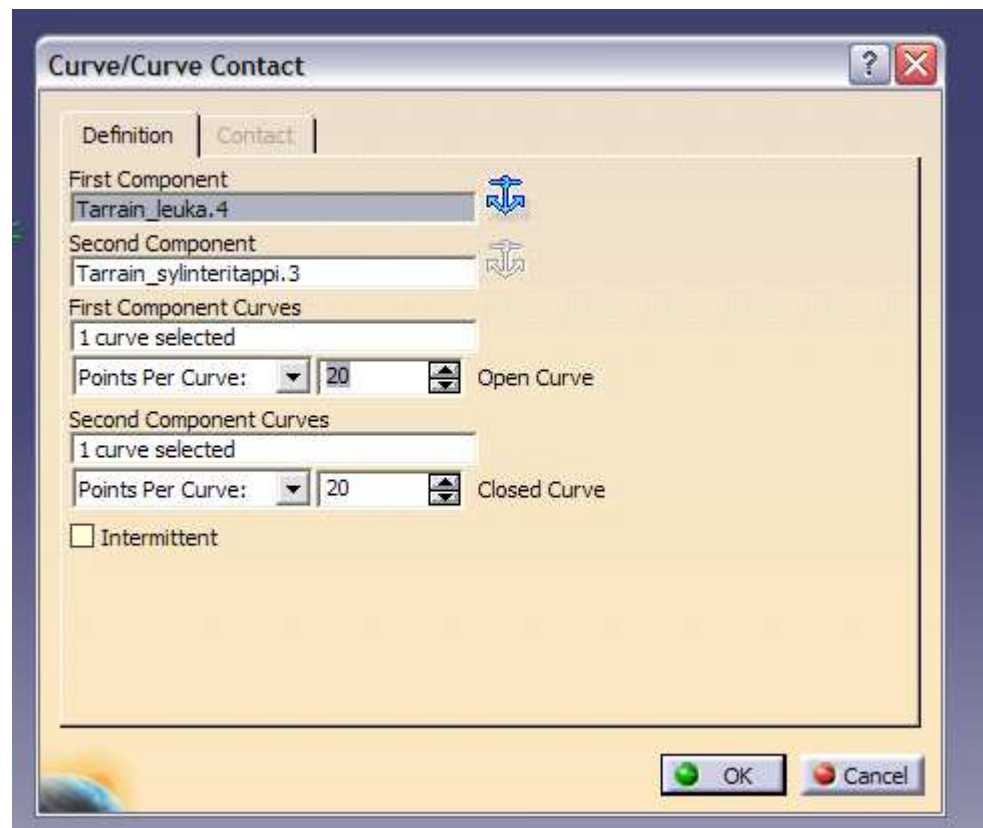


Kuva 18. Sylinteritappiin mallinnetut aputasot ja ympyrät, joita tarvitaan Curve/Curve Contactin määrittämisessä.

Oikean toiminnan kannalta on tärkeää, että mallinnetun ympyrän keskipiste on samassa paikassa kuin sylinteritapin poikkileikkauksen keskipiste. Koska sylinteritappeja on mallinnettu vain yksi ja sama osa haettu kokoonpanoon kaksi kertaa, tulee aputaso automaattisesti molempiin sylinteritappeihin näkyviin. Aputason ja ympyrän mallintaminen tapahtuu Part Design -moduulissa.

Curve/Curve Contact tarkoittaa, että valitut komponentit ovat koko ajan kosketuksissa toistensa kanssa liikkeen aikana.

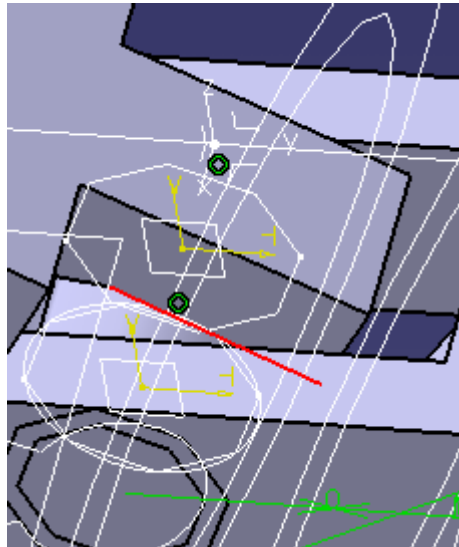
Valitaan *SD Motion /Curve/Curve Contact*. Näkyviin tulee ikkuna Curve/Curve Contact (kuva 19).



Kuva 19. Näkymä näytöllä, kun on valittu SD Motion /Curve/Curve Contact

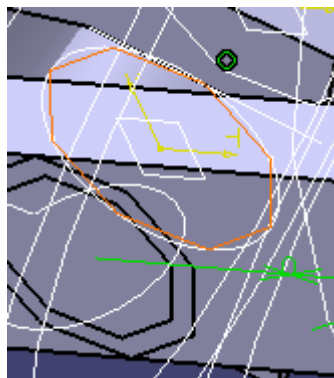
Ikkunassa määritetään seuraavat kohdat:

- First Component. Ensimmäinen komponentti, joka on kontaktissa. Valitaan leuka. Kun leuka on valittu, tulee kohtaan First Component leuan nimi. Tämä teksti kertoo, että valittu komponentti on oikea.
- Second Component. Toinen komponentti, joka on kontaktissa. Valitaan sylinteritappi.
- First Component Curves. Mikä käyrä leuasta on kontaktissa. Valitaan leuan hahlon sisäpinta (kuva 20).



Kuva 20. First Component Curves on leuan hahlon sisäreuna.

- Points Per Curves. Montako pistettä käyrästä käytetään. SimDesignerin oletusarvo on 20
- Second Component Curves. Mikä käyrä sylinteritapista on kontaktissa. Tähän valitaan sylinteritapin sisälle mallinnettu ympyräkäyrä (kuva 21).

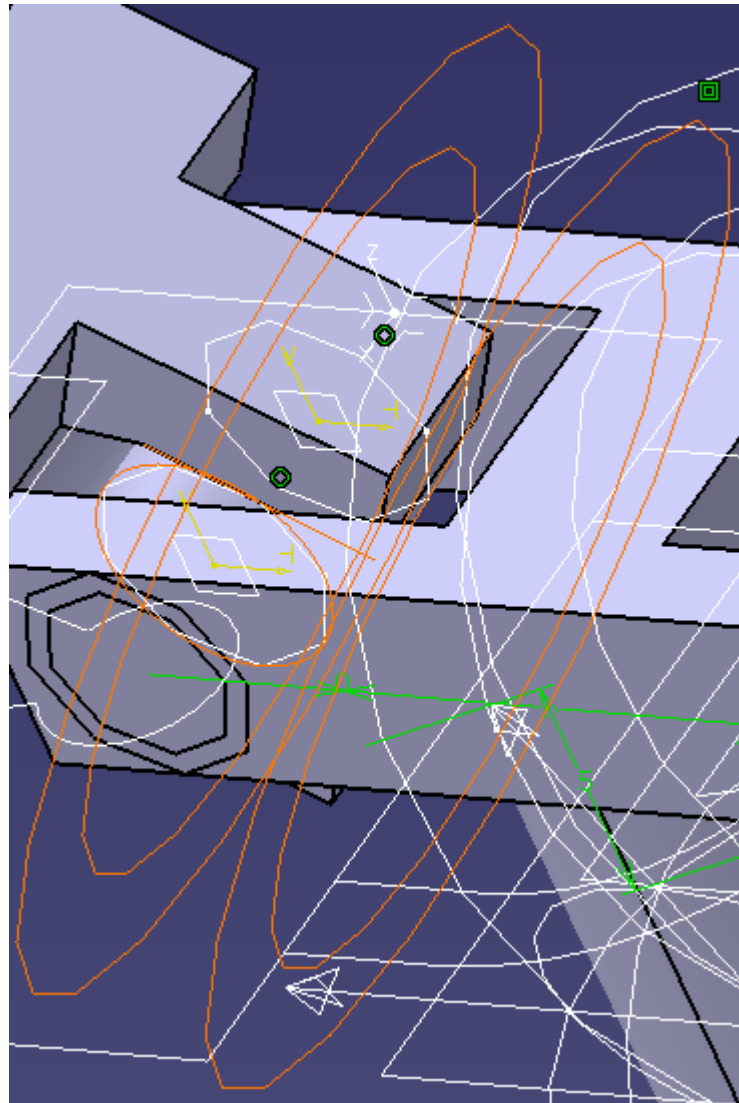


Kuva 21. Second Component Curves. Sylinteritapin sisällä oleva ympyräkaari.

- Points Per Curves. Montako pistettä käyrästä käytetään. Oletusarvo on 20
- Points Per Curves pitää olla molemmilla osilla sama. Se kertoo, kuinka monen pisteen kautta kosketus tapahtuu. Mitä enemmän pisteitä, sen tarkempi liike.

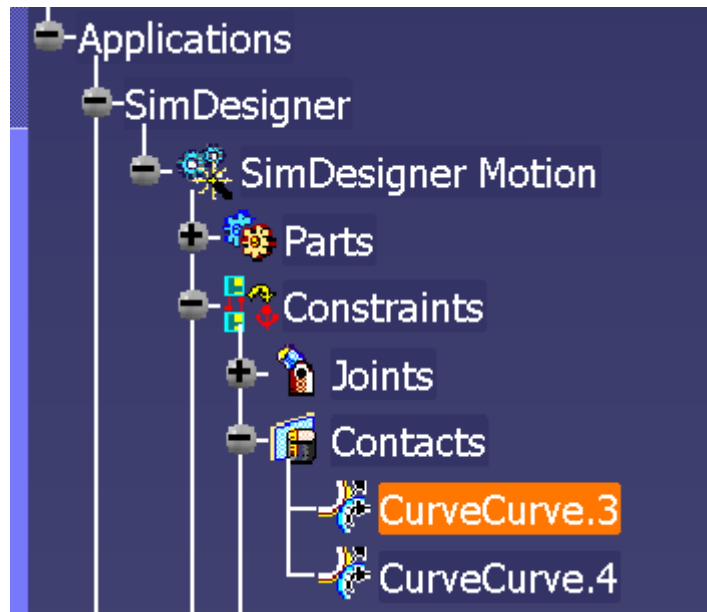
Samalla tavalla määritetään viivakosketus toiselle puolelle.

Kun Curve/Curve Contact on määritetty, tulee näytölle kaksi ympyrää (kuva 22) paikkaan, jonne Curve/Curve Contact on määritetty.



Kuva 22. Symboli näytöllä, joka kertoo, että Curve/Curve Contact on määritetty.

Rakennepuussa on kohta *SimDesigner/Contacts* (kuva 23). Määritetty Contact tulee sinne näkyviin.

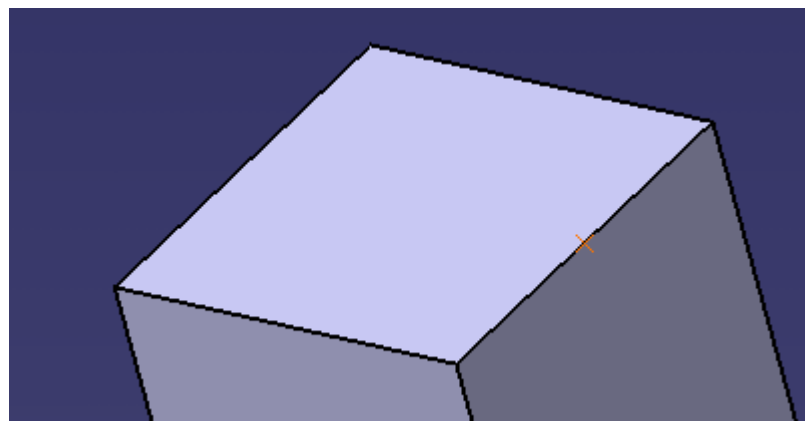


Kuva 23. Näkymä rakennepuussa, kun Curve/Curve Contact on määritetty.

Jos määritetyn liikkeen asetuksia pitää muuttaa, tapahtuu se rakennepuusta tai kaksoisklikkaamalla hiirellä liikettä kuvaavaa symbolia. Rakennepuu on helpompi ja selkeämpi vaihtoehto.

4.7 Voimaparin määrittäminen leukojen väliin

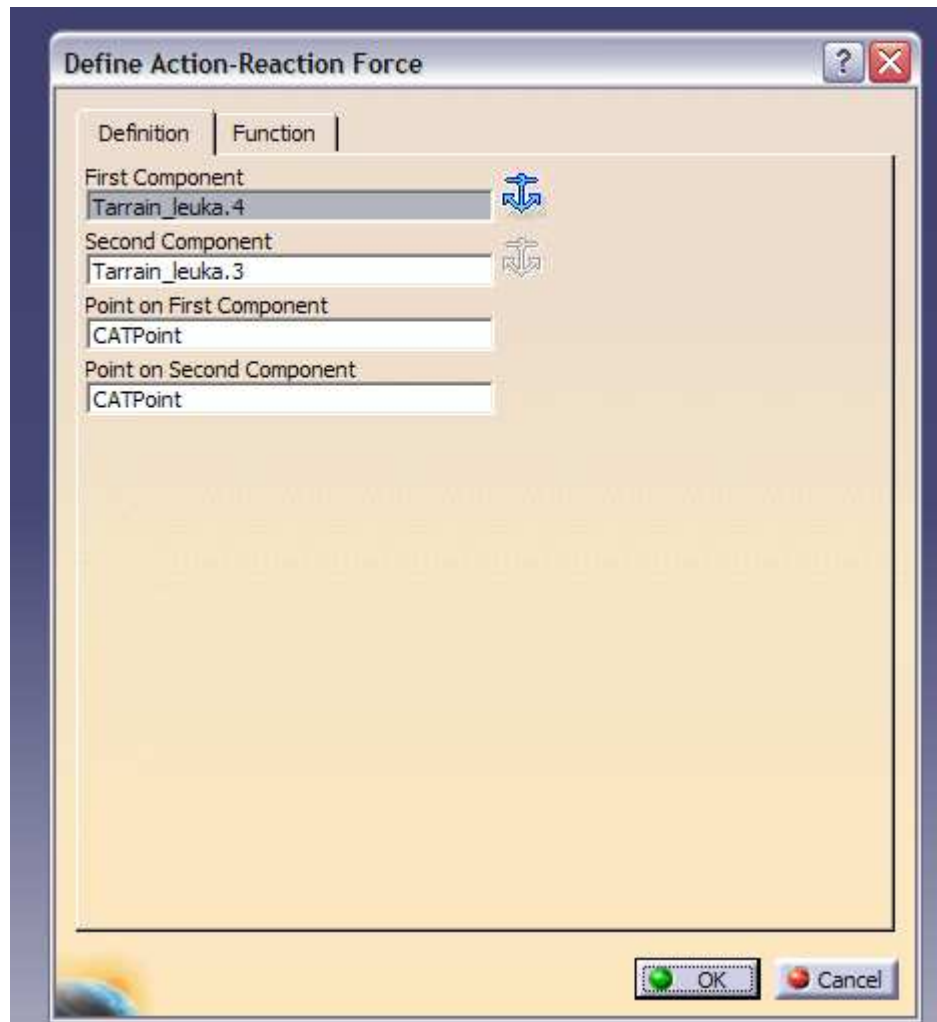
Määritetään tarttujan leukojen väliin 200 N:n voima, joka vaikuttaa tarttujan molempiin leukapaloihin. Tätä määritystä varten tehdään apupiste (kuva 24) leukaosaan. Apupisteen tekeminen tapahtuu Part Design -moduulissa. Apupisteen sijainti määritetään keskelle leuan sisäpinnan yläreunaa.



Kuva 24. Apupiste, joka mallinnetaan leukaosaan voimaparin määrittämistä varten.

Nyt voima vaikuttaa kohtisuorasti pisteestä toiseen. Apupiste tulee automaattisesti molempiin leukoihin, koska ne on mallinnettu samana osana.

Valitaan ylhäältä valikko *SD Motion /Add Force /Action- Reaction Force*.



kuva 25. Näkymä, kun on valittu *SD Motion /Add Force /Action- Reaction Force*.

Näkyviin tulee ikkuna *Define Action- Reaction Force* (kuva 25) ja välilehti *Definition*. Tällä välilehdellä määritetään komponentit, joiden välillä voima vaikuttaa.

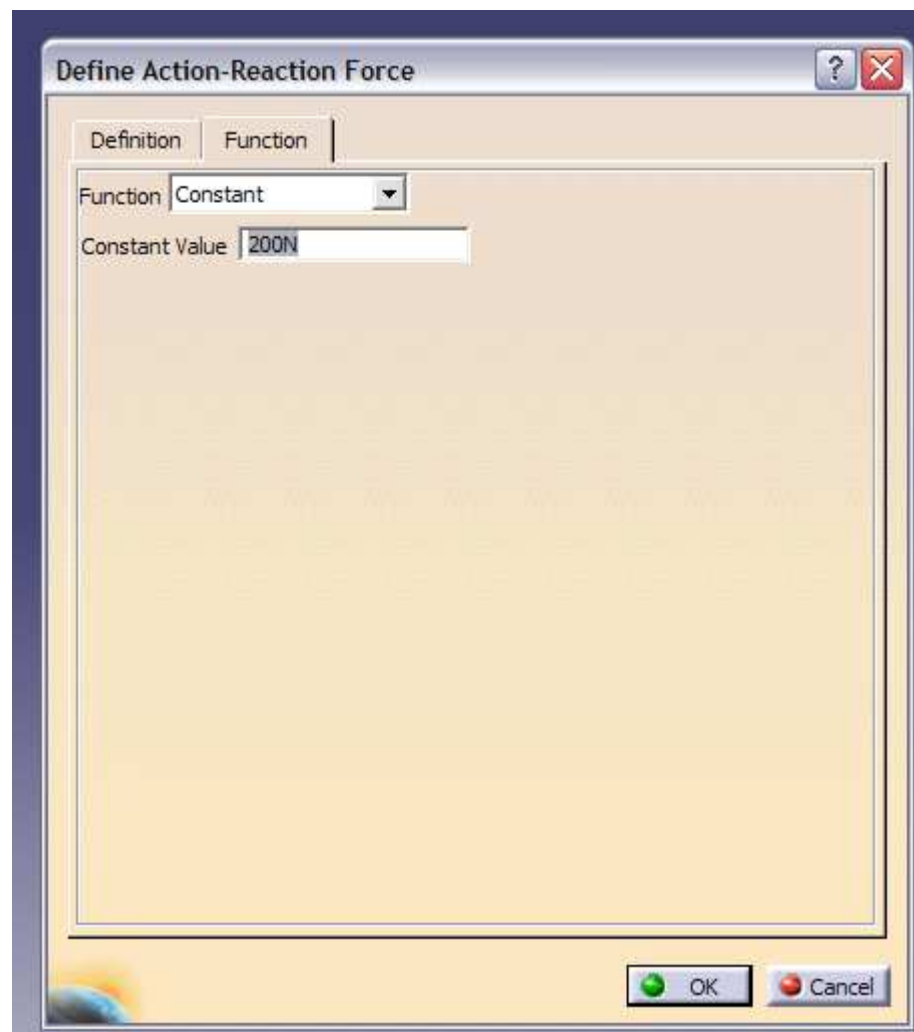
- First Component on voiman toinen osapuoli. Valitaan leuka 1 joko kokoonpanosta tai rakennepuusta.
- Second Component on voiman toinen osapuoli. Valitaan leuka 2 samoin kuin kohdassa First Component.

- Point On First Component on piste, johon voima vaikuttaa leuassa 1. Valitaan tehty apupiste.
- Point On Second Component on piste, johon voima vaikuttaa leuassa 2. Määritetään samoin kuin Point On First Component.

Kun kyseessä on leukojen välissä vaikuttava voimapari, ei toiminnan kannalta ole merkitystä kumpi tarraimen leuoista on First Component ja kumpi Second Component. Selkeyden kannalta First Component on rakennepuun Tarrain_leuka1 ja Second Component Tarrain_leuka2.

Voiman suuruuden määrittäminen

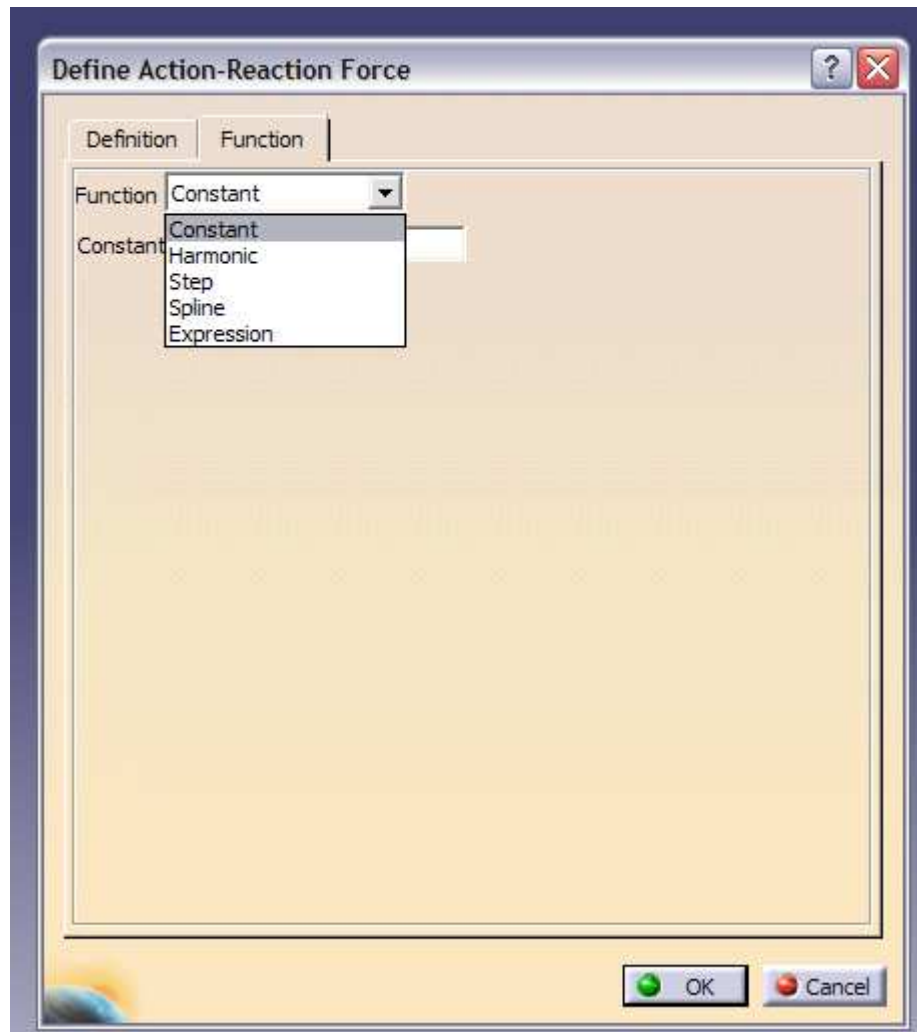
Kun Definition -välilehden asetukset on määritetty, siirrytään Function -välilehdelle.



Kuva 26. Define Action-Reaction Force määrittelyikkunan Function- välilehti

Välilehdellä Function (Kuva 26) määritetään miten suuri ja millä tavalla vaikuttava voima on kyseessä.

- Function tarkoittaa millainen voima on. Valitaan Constant. Se tarkoittaa vakiovoimaa. Nuolen alla on pudotusvalikko (kuva 27), josta voi tilanteen mukaan valita muitakin vaihtoehtoja.

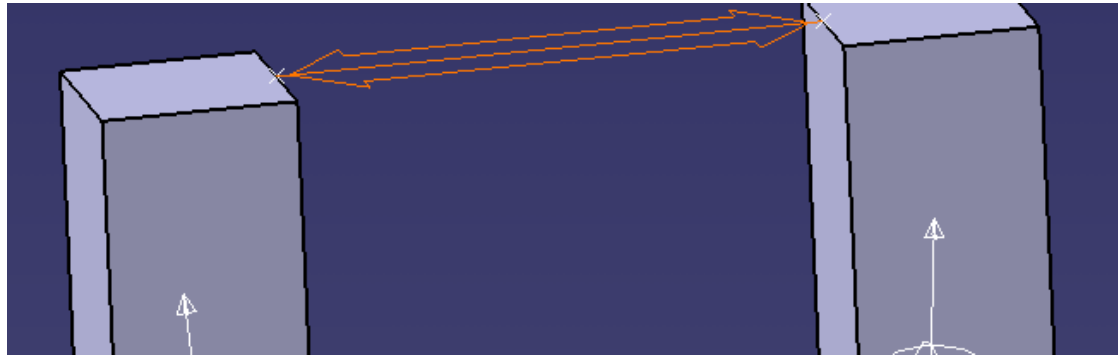


Kuva 27. Define Action-Reaction Force- määrittelyikkunan Function- välilehdellä olevan Function valikon nuolen alta löytyvä pudotusvalikko.

- Constant Value. Määritetään vaikuttavan voiman suuruus. Tässä tapauksessa se on 200N.

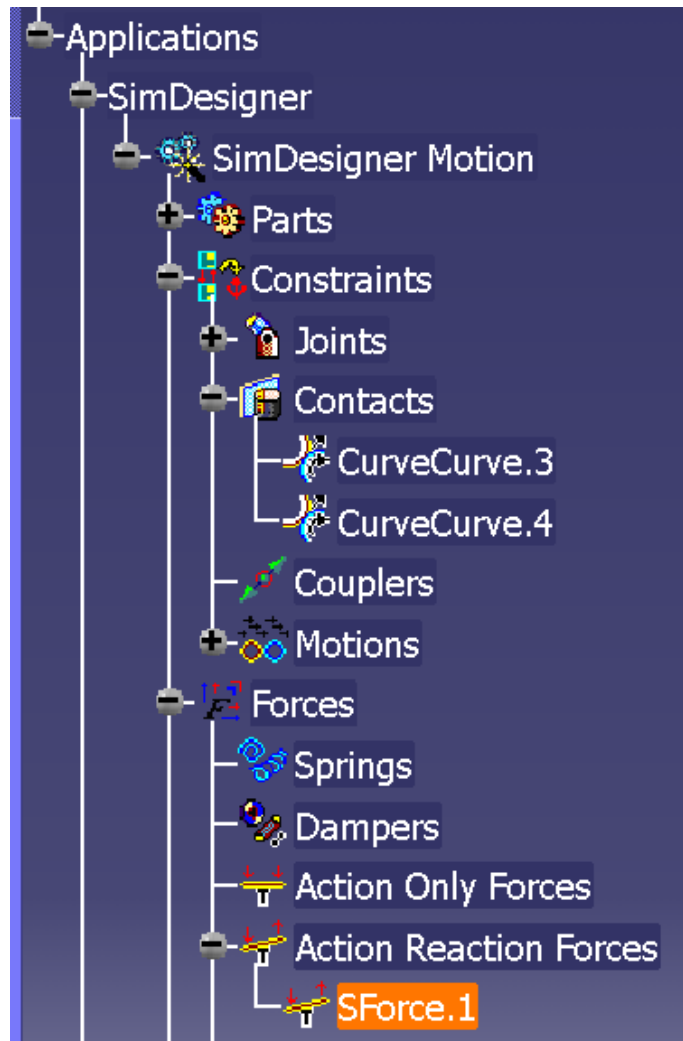
Pelkkä lukuarvo riittää, eikä Newtonia tarkoittavaa N- kirjainta tarvitse lisätä lukuarvon perään. SimDesigner lisää N- kirjaimen automaattisesti lukuarvon perään. Oletusarvossa on mukana N- kirjain.

Kun välilehti Function on määritetty, hyväksytään määitykset valitsemalla OK. Leukojen väliin tulee näkyviin nuoli (Kuva 28), joka kertoo missä voima vaikuttaa.



Kuva 28. Nuoli, joka kertoo, että leukojen väliin on määritetty Action-Reaction Force.

Voimanuolesta nähdään, että voima vaikuttaa oikeassa paikassa. Nuolen suunta kuvaa voiman positiivista suuntaa.



Kuva 29. Rakennepuunäkymä, kun Action-Reaction Force on määritetty.

Kun voima on määritetty, tulee se näkyviin rakennepuuhun (kuva 29) *Applications/SimDesigner/SimDesigner Motion/Forces/Action-Reaction Forces*.

Jos voiman määrittämiä pitää muuttaa, se tehdään rakennepuusta kaksoisklikkaamalla kyseistä voimaa tai kokoonpanossa näkyvästä voimanuolesta. Helpompi tapa on rakennepuu.

Jos voiman haluaa poistaa, onnistuu se rakennepuusta. Valitaan poistettava voima ja valitaan Delete. Toinen vaihtoehto on kokoonpanossa näkyvä voima ilmoittava nuoli. Aktivoidaan se ja painetaan Delete. Varmempi tapa halutun lopputuloksen saavuttamiseksi on rakennepuu.

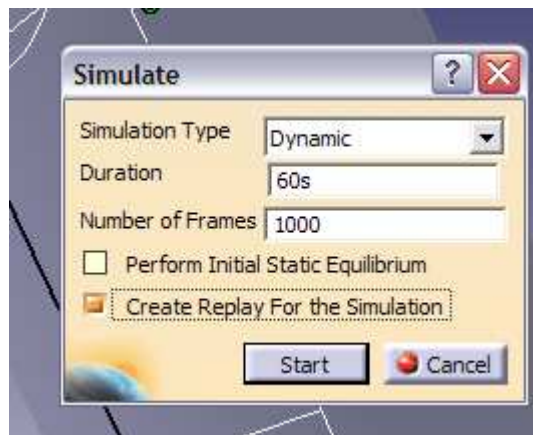
Jos samoihin osiin vaikuttavan voiman tyyppiä pitää muuttaa, on olemassa vain yksi tapa. Tuhotaan alkuperäinen voima rakennepuusta ja SD Motion-valikon kautta määritetään uusi voima.

4.8 Pakkoliikkeen määrittäminen

Liike sylinterissä saa aikaan liikkeen leuoissa. Tämä on määritetty Joint4:ssa.

4.9 Liikkeen simulointi

Valitaan valikko *SD Motion/Simulate*. Näytölle tulee näkyviin ikkuna Simulate (kuva 30), jossa määritetään simuloinnin asetukset.



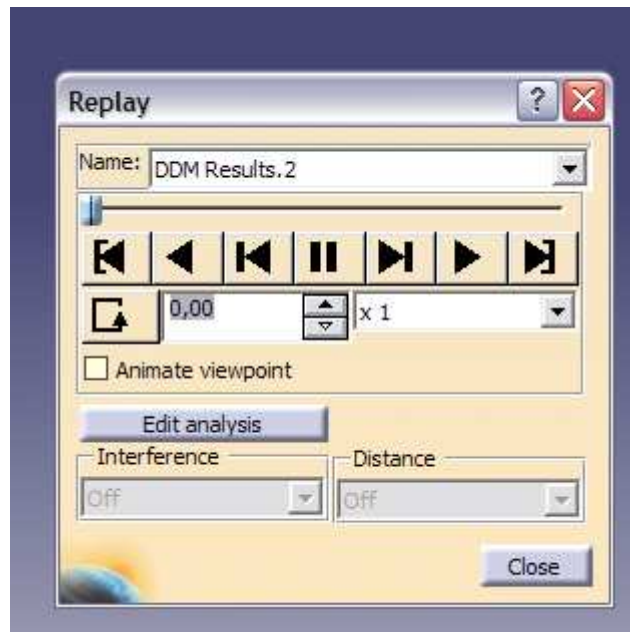
Kuva 30. Simuloinnin asetukset.

Asetuksissa määritetään seuraavat asiat:

- Simulation Type. Siihen on kaksi vaihtehtoa: Dynamic ja Quasi-Static. Oletusarvona on Dynamic. Säilytetään oletusarvo.
- Duration. Siihen laitetaan arvo 60s.
- Number of Frames. Laitetaan arvoksi 500.

Lisäksi laitetaan rasti kohtaan Create Replay For the Simulation. Valitaan Start. Tämän jälkeen Solver Messages -ikkuna tulee näkyviin. Jos simuloinnissa on virheitä, näkyvät ne tässä. Valitaan Close.

Tämän jälkeen animoidaan (kuva 31) liike. Valikko *SD Motion/Replay*. Näytölle tulee näkyviin ikkuna Replay.



Kuva 31. Simuloidun liikkeen animointi suoritetaan täällä.

- Name. Täältä löytyy kaikki tehdyt simuloinnit. Viimeisin on alimpana. Jos on paljon simulointeja, poistetaan turhat. Tämä tapahtuu siten, että aktivoidaan poistettava simulointi ja painetaan Delete.

Sitten on ohjauspaneeli, jossa vaikutetaan animointiin.

Vasemmalta alkaen painikkeet ovat

- Jump to Start (palauttaa liikkeen alkuasentoon)
- Play Backward (liike takaperin)
- Step Backward (aikayksikkö kerrallaan takaperin)
- Pause (pysäyttää liikkeen), Kun liike pysäytetään valitsemalla Pause, ei liike jatku valitsemalla uudestaan Pause, vaan pitää valita Play Forward.
- Step Forward (aikayksikkö kerrallaan eteenpäin)
- Play Forward (liike tapahtuu normaalisti)
- Jump to End (siirtää liikkeen loppuasentoon).

Jump to Start-painikkeen alla on Change Loop Mode. Kun aktivoidaan se ja valitaan Play Forward tai play Backward, liike jatkuu kunnes sen pysäyttää. Pelkkä Play Forward tai Play Backward tekee koko liikkeen kerran.

Change Loop Mode- painikkeen oikealla puolella on valikko, jossa on näkyvä x1. Tämä tarkoittaa, että liike tapahtuu normaalilla nopeudella. Vaihtoehtoina on 2 ja 5 ja 10. Jos valitaan 5, tapahtuu liike viisinkertaisella nopeudella normaaliin verrattuna. Sama on voimassa arvoille 2 ja 10.

5 TULOSTEN TARKASTELU ADAMSILLA

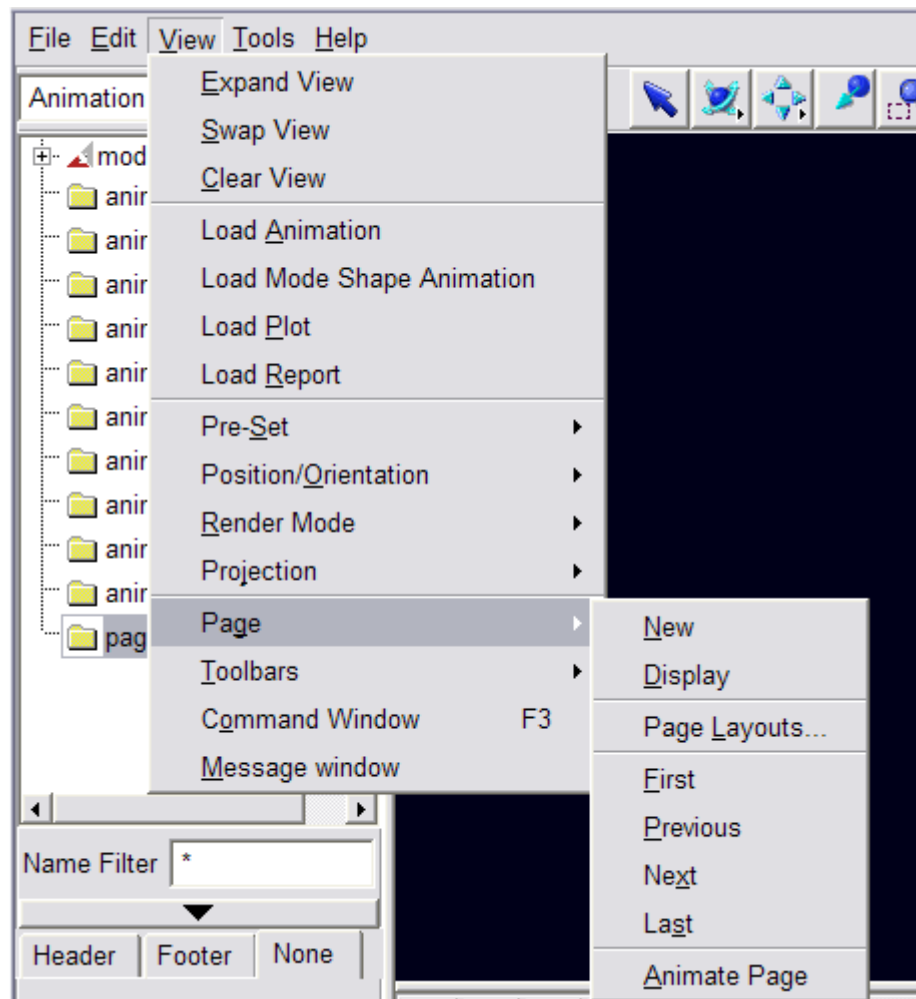
Kun tarttujaan on määritetty liikkeet ja voimat sekä suoritettu simulointiajo, siirrytään Adams Postprocessor -ohjelman puolelle tarkastelemaan saatuja tuloksia.



Kuva 32. Valinta SD Motion/Plot siirtää mallin Adams Postprocessor -ohjelman puolelle

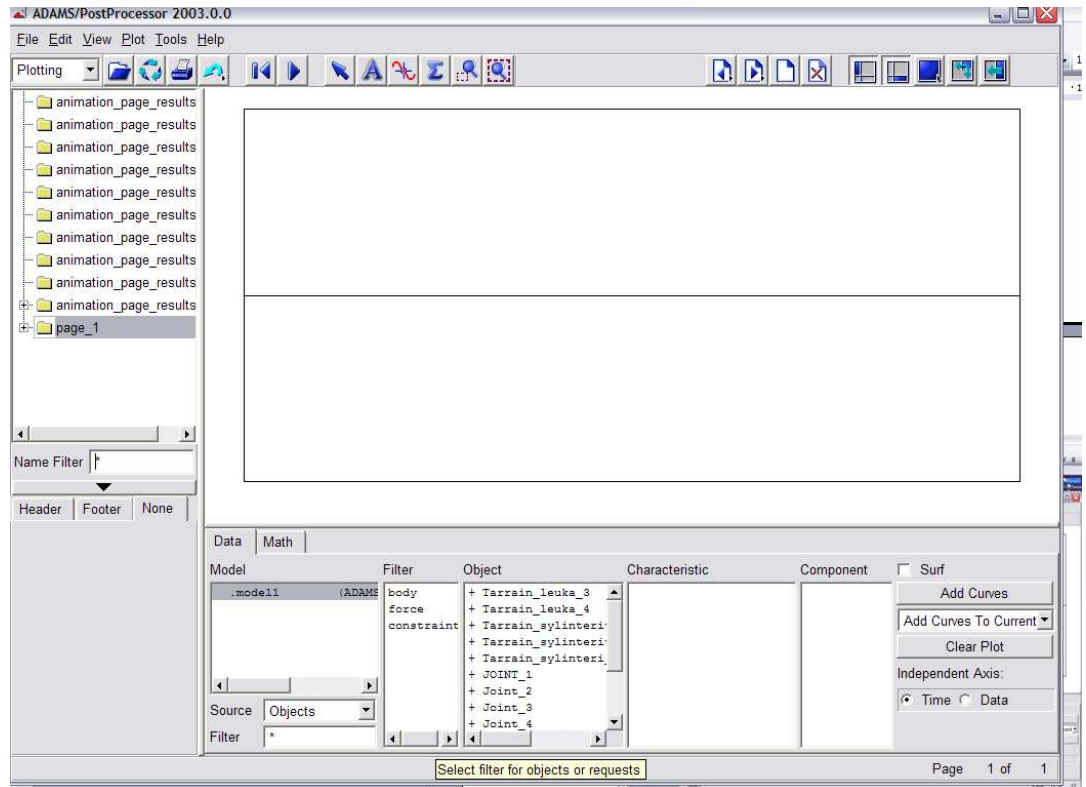
Valitaan (kuva 32) *SD Motion/Plot*. Tämä siirtää mallin Adams PostProcessor -moduulin puolelle. Näytölle tulee kappale, joka kuvaa mallinnettua kokoonpanoa ja punaiset nuolet siihen vaikuttavia voimia.

SimDesignerin pitää olla koko ajan käynnissä ja kokoonpanon on oltava auki SimDesignerissä, koska Adams PostProcessor hakee mallin SimDesigneristä.



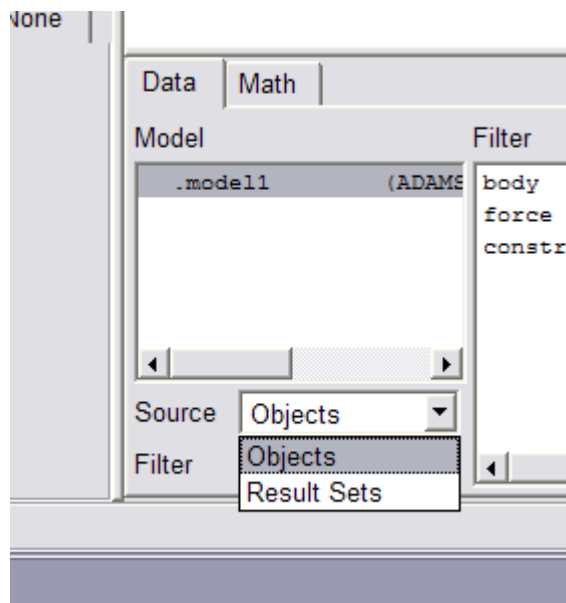
Kuva 33. Näkymä näytöllä, kun Adamsin valikko *View/Page* on valittu

Valitaan *View/Page/New* (kuva 33). Nyt näytölle tulee tyhjä sivu. Valitaan *View/Load Plot*. Näytölle tulee tyhjä ruutu (kuva 34), ja sitten valitaan, mitä tulostetaan.



Kuva 34. Näkymä näytöllä kun on valittu *View/Load Plot*

Alhaalla vasemmalla on valikko Source.

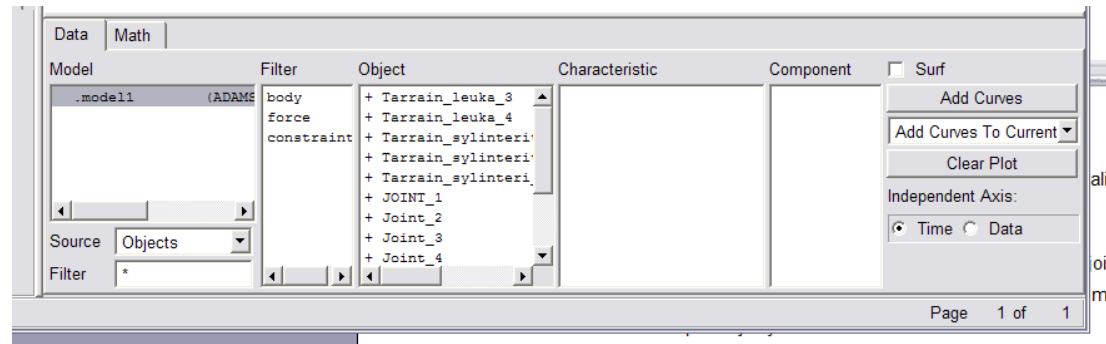


Kuva 35. Pudotusvalikko Sourcen sisältö.

Pudotusvalikon (kuva 35) alta löytyy kaksi vaihtoehtoa: Objects tai Result Sets.

5.1 Objects

Kun valitsee Objects -vaihtoehtoon (kuva 36), tulee aktiiviseksi valikko Filter. Sieltä valitaan, mihin kohdistuvia voimia tulostetaan.



Kuva 36. Näkymä, kun Objects on valittu.

- Body. Vaihtoehtoina kaikki kokoonpanon osat, joihin voima vaikuttaa. Voima vaikuttaa tarraimen molempiin leukoihin, molempiin sylinteritappuihin ja sylinteriin.

Valikosta Object pitää valita jokin vaihtoehto ennen kuin Characteristics-valikko aktivoituu. Tämä johtuu siitä, että kohdassa Characteristics on lueteltu kaikki vaihtoehdot, joita voidaan tulostaa.

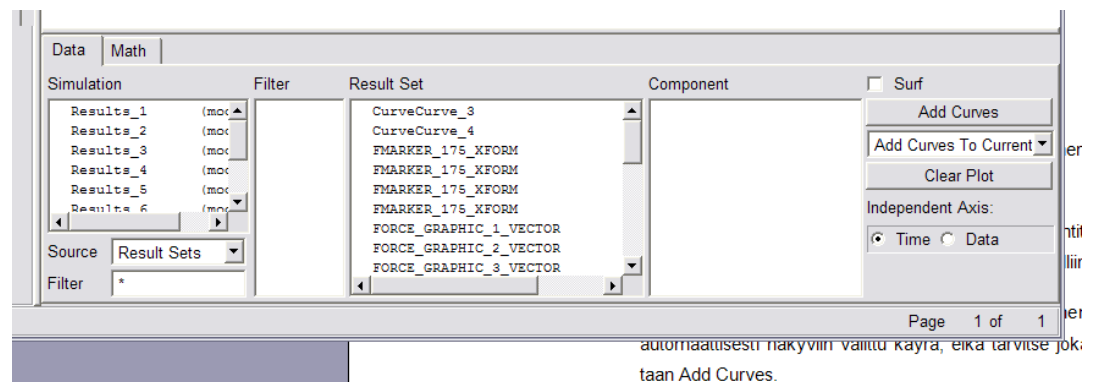
- Characteristics. Tästä valitaan, mitä tulostetaan. Vaihtoehtoina ovat
 - Position (sijainti)
 - Velocity (nopeus)
 - Acceleration (kiihtyvyys)
 - Angular Velocity (kulmanopeus)
 - Angular Acceleration (kulmakiihtyvyys)
 - Kinetic Energy (kineettinen energia)
- Component. Valitaan minkä komponentin suuntainen voima tulostetaan. Vaihtoehtoina x-, y-, z- akselit sekä resultantti Magnitude.

Kun Filterin alta valitaan Force, nähdään Objects- kohdasta kaikki kokoonpanoon vaikuttavat voimat. Nyt määritettynä on vain Action-Reaction-Force. Se on valikossa nimellä +SFORCE_1. Characteristics-kohdassa on

- Element Force. Elementtiin vaikuttava voima. Voiman yksikkö on N.
- Element Torque. Elementtiin vaikuttava momentti. Momentin yksikkö on Nmm
- Translational Displacement. Siirtymä akselin suunnassa. Tähän valitaan, minkä akselin suuntaisia siirtymiä tulostetaan. x,y,z- akselit sekä resultantti ovat mahdollisia. Yksikkönä on millimetri.
- Projection Angles. Kulmat akseleiden suhteen.
- Translational Velocity. Akselien suuntainen nopeus. Tähän valitaan x,y,z- komponentti tai resultantti Magnitude ennen kuin ohjelma tulostaa tuloksia. Tulokset ovat yksikössä mm/s.
- Translational Acceleration. Kiihtyvyys akselin suunnassa.
- Angular Velocity. Kulmanopeus.
- Angular Acceleration. Kulmakihtyvyys.
- Kinetic Energy. Kineettinen energia.
- Translational Kinetic Energy. Akselien suuntaiset kineettiset energiat.

5.2 Result Sets

Kun valitaan Result Sets (kuva 37), tulee näkyviin samanniminen valikko, josta löytyvät kaikki tehdyt nivelet, osat, voimat ja kosketukset.



Kuva 37. Näkymä, kun Result Sets on valittu.

Component valikosta löytyvät kaikki malliin vaikuttavat voiman komponentit ja resultantti sekä momentin komponentit ja resultantti.

Component -valikon oikealla puolella on Surf. Kun siihen laitetaan rasti, tulee automaattisesti näkyviin valittu käyrä eikä tarvitse joka kerta valita uudelleen Add Curves.

Jos tarkoituksena on vertailla käyriä, sopii Add Curves siihen. Clear Plot -valinta tyhjentää tulostukset.

Kaikki tulokset tulostetaan ajan funktiona eli aika on x-akseli. Tulokset ovat liikkeen alkamisesta 4,5 sekuntia.

6 VERTAILU SAM5-OHJELMALLA

Adamsilla saatuja tuloksia verrattiin SAM5-ohjelmalla vastaavasta mallista saatuihin tuloksiin. Vertailussa tarkasteltiin niveliin (Joint) 1 ja 4 vaikuttavia x- ja y-suuntaisia voimia sekä voimien resultantteja. Nivelet 1 ja 5 ovat symmetriset. Tästä johtuen niihin vaikuttavat samat voimat.

SAM5.0-ohjelmalla ei saada selville z-akselin suunnassa vaikuttavia voimia. Sen takia se on jätetty pois vertailusta.

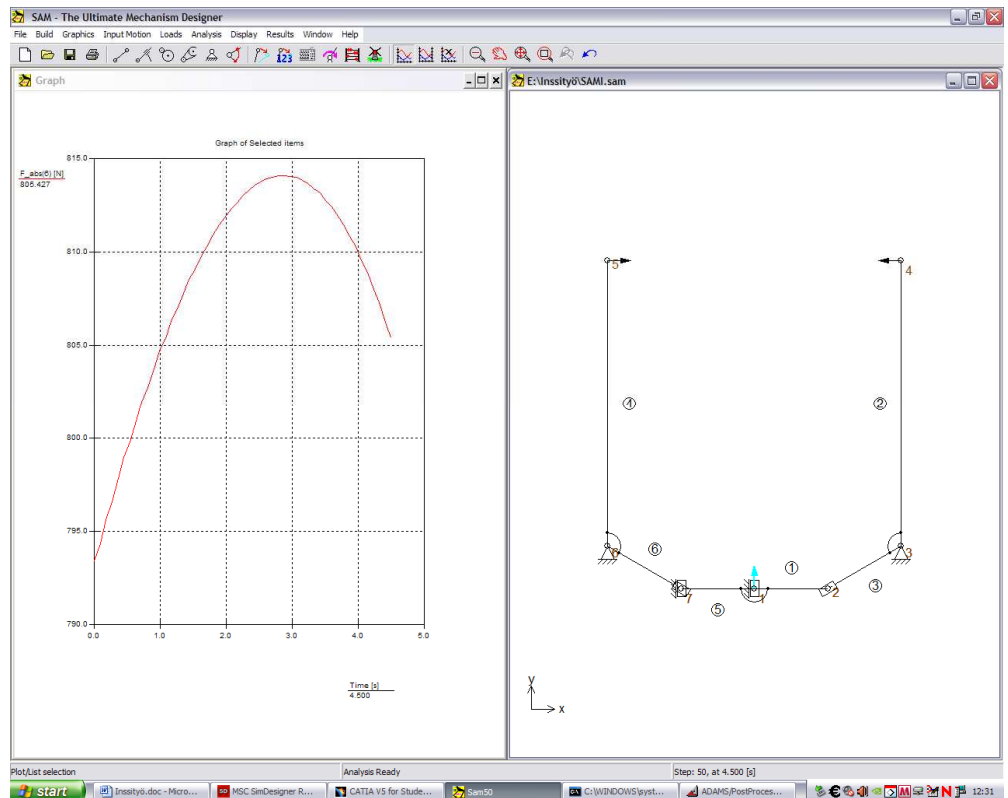
Kun verrataan SimDesignerillä ja SAM5.0 saatuja tuloksia, pitää huomioida mihin suuntaan akselit ovat. Tässä tapauksessa SimDesignerin X-akseli vastaa SAM5.0 z-akselia. SAM5.0 ei saada laskettua tämän suuntaisia voimia. SimDesignerin y-akseli vastaa SAM5.0 x-akselia. SimDesignerin z-akseli vastaa SAM5.0 y-akselia.

Voimien vertailu on tehty siten, että x-akseli on vaakasuorassa ja y-akseli on pystysuorassa.

6.1 SAM5.0-ohjelmalla saadut tulokset

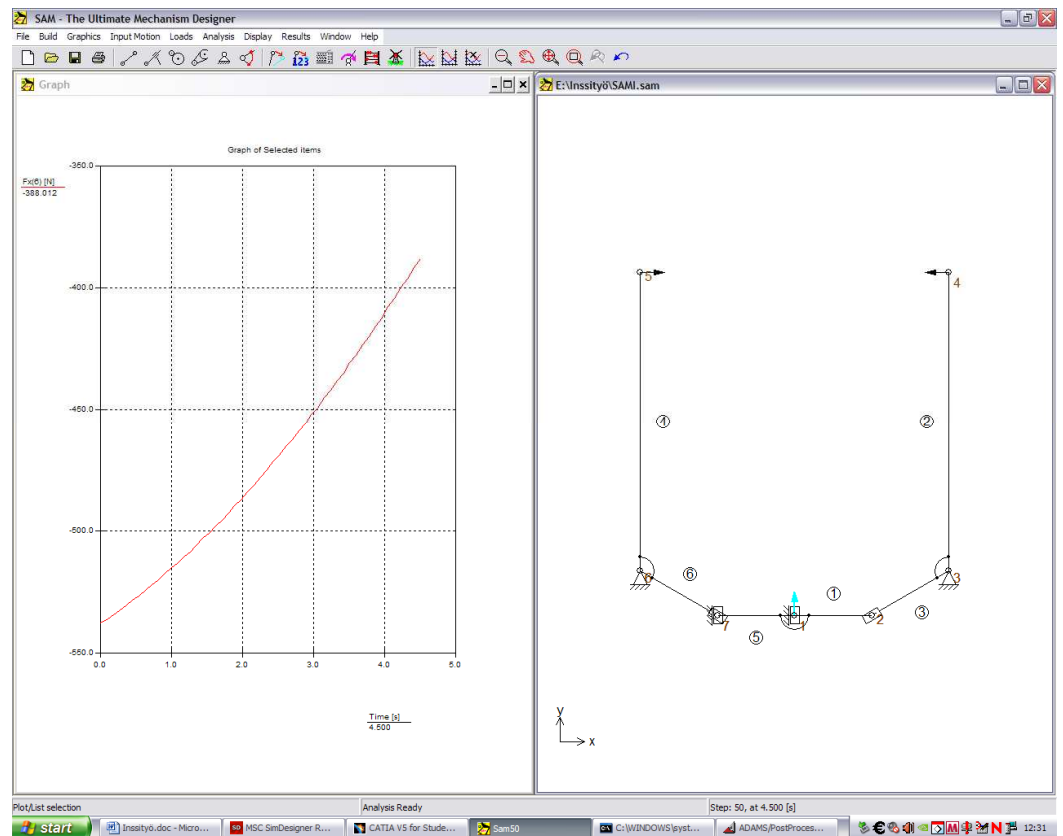
Joint1

Joint1 on nivel, joka pitää tarttujan leuan kiinni rungossa. Kuva 38 kuvaa siihen kohdistuvan voiman resultanttia.



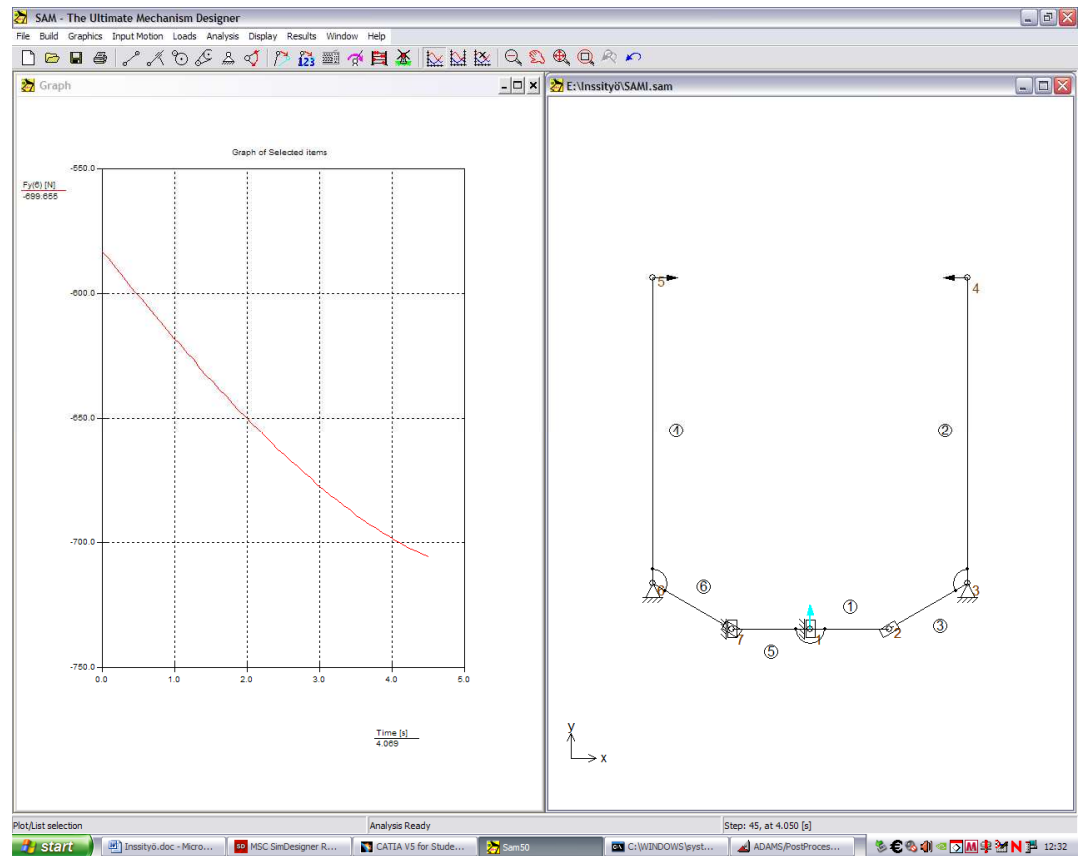
Kuva 38. Joint1:een vaikuttavan voiman resultantti.

Joint1 on nivel, joka pitää tarttujan leuan kiinni rungossa. Kuva 39 kuvaa akseliin kohdistuvaa x –suuntaista voimaa.



Kuva 39. Joint1:een vaikuttavan voiman x -komponentti.

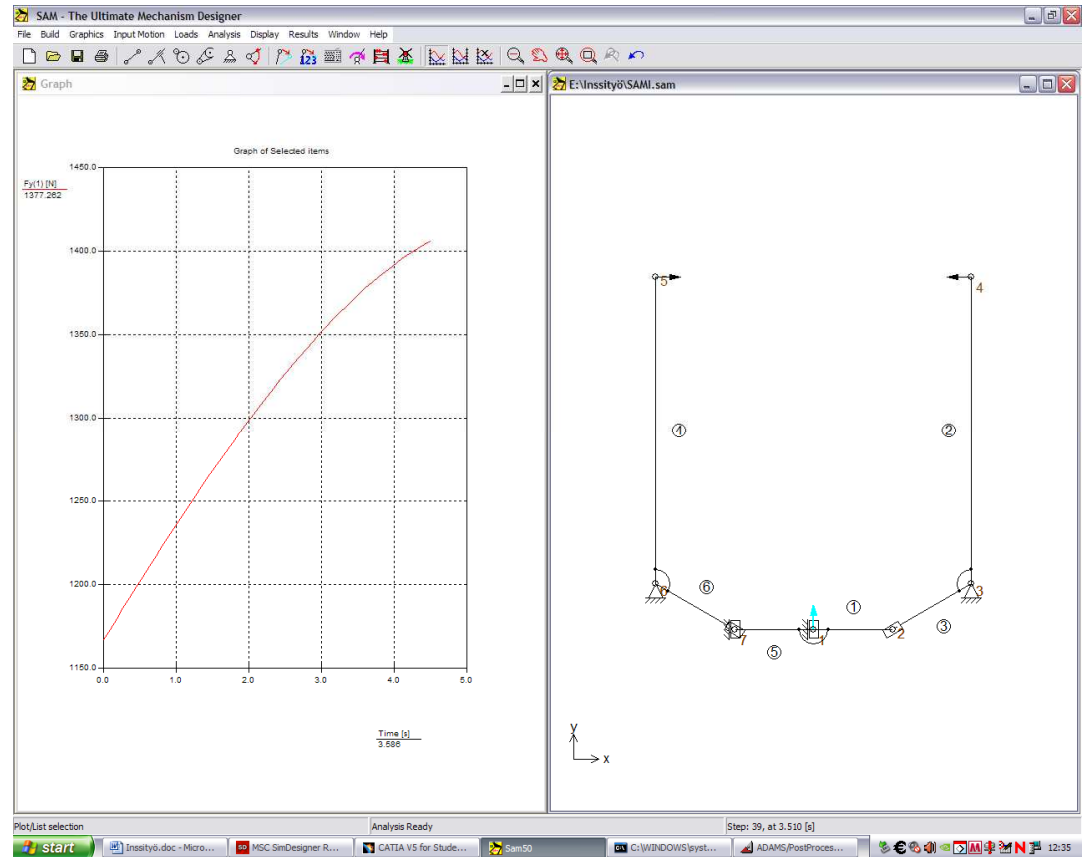
Joint1 on nivel, joka pitää tarttujan leuan kiinni rungossa. Kuva 40 kuvaa akseliin kohdistuvaa y –suuntaista voimaa



Kuva 40. Joint1 vaikuttava y -suuntainen voima.

Joint4

Joint4 on sylinterille määritetty liike. Kuva 41 kuvaa sylinteriin vaikuttavaa y - suuntaista voimaa

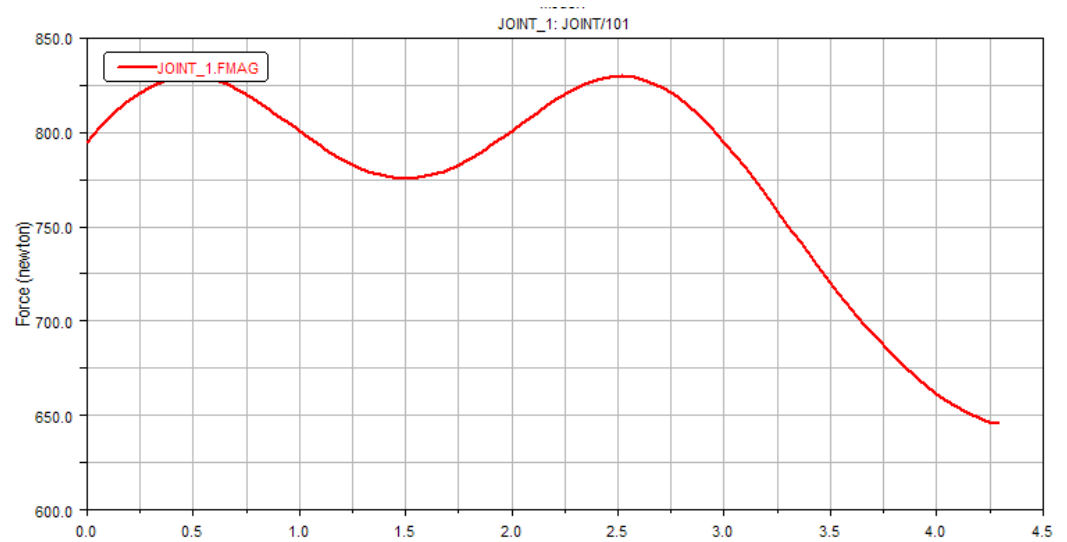


Kuva 41. Joint4 vaikuttava y suuntainen voima.

6.2 SimDesignerillä saadut tulokset

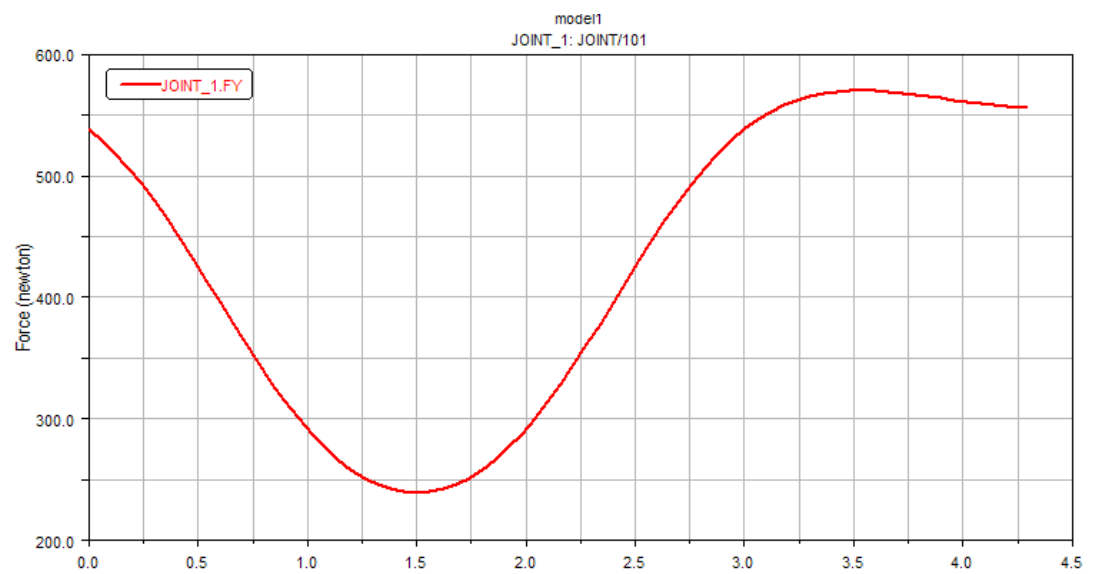
Joint1

Kuva 42 kuvaa Joint1:een vaikuttavan voiman resultanttia. Joint1 on akseli, joka pitää tarttujan leuan kiinni rungossa.



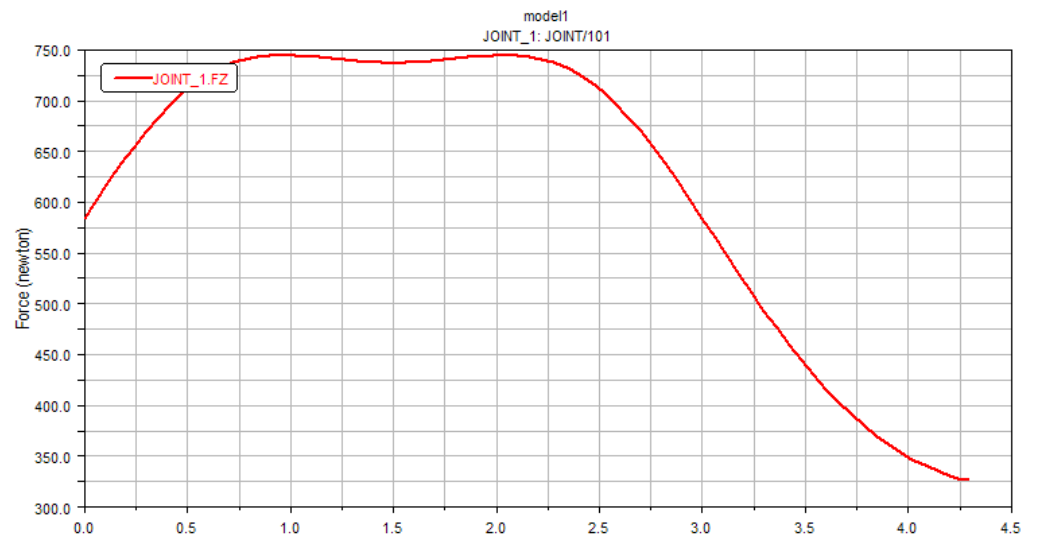
Kuva 42. Joint1:een vaikuttavan voiman resultantti.

Kuva 43 kuvaa Joint1:een vaikuttavan voiman x suuntaista komponenttia.



Kuva 43. Joint1:een vaikuttavan voiman x -komponentti

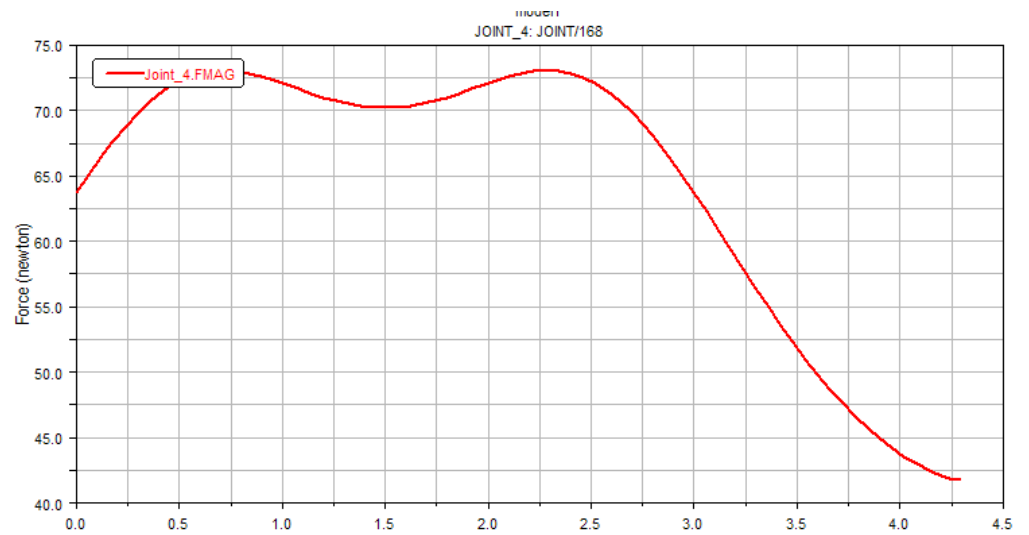
Kuva 44 kuvaa Joint1:een vaikuttavan voiman y-suuntaista komponenttia.



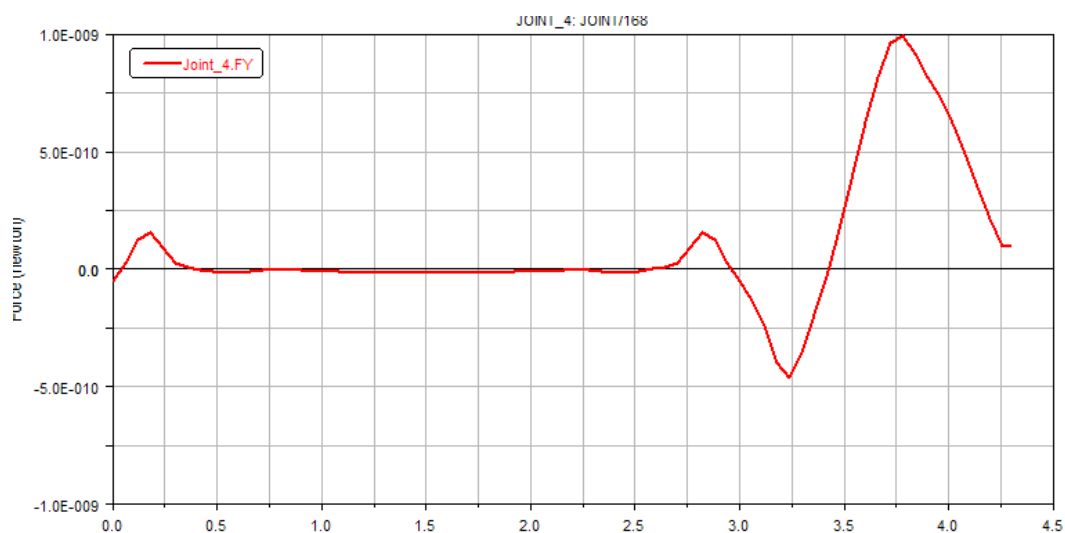
Kuva 44. Joint1:een vaikuttavan voiman y-komponentti

Joint4

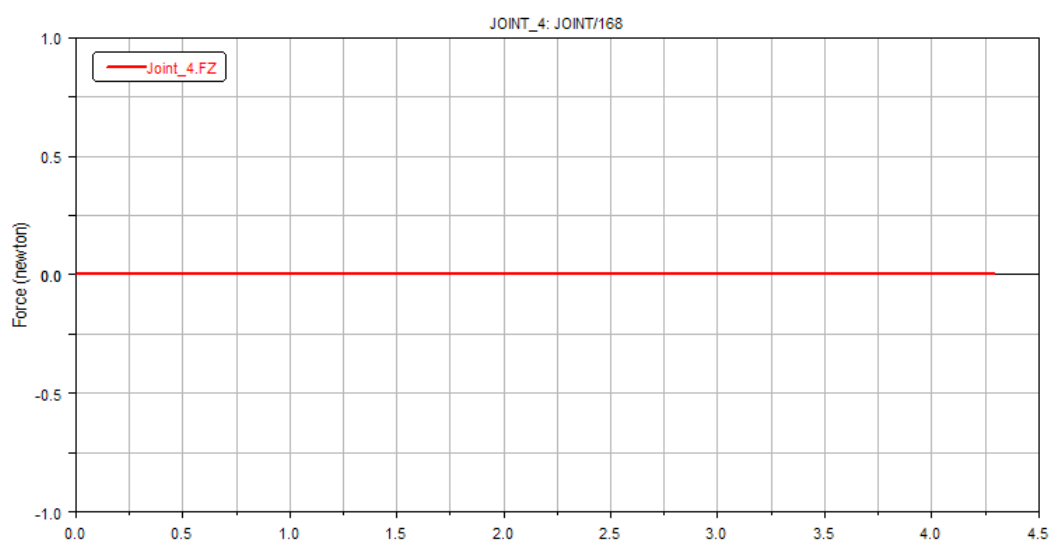
Joint4 on sylinteriin määritetty liike. Kuva 45 kuvaa Joint4:een vaikuttavan voiman resultanttia.



Kuva 45. Joint4:een vaikuttavan voiman resultantti.



Kuva 46. Joint4:een vaikuttavan voiman x-komponentti



Kuva 47. Joint4:een vaikuttavan y-komponentti

7 TULOSTEN VERTAILU

Taulukossa1 on esitetty Joint1:een ja Joint4:een vaikuttavan voiman x – ja y –komponentit sekä resultantti. Voimien arvot on laskettu sekä SimDesignerillä että SAM5.0-ohjelmalla.

SimDesigner			
	x	y	Resultantti
Joint1	570	600	800
Joint4	60	60	63

SAM5.0			
	x	y	Resultantti
Joint1	-530	-570	600
Joint4			

Taulukko1

8 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

SimDesignerillä ja SAM5.0-ohjelmalla saadut tulokset vastaavat toisiaan. Tuloksista saadaan selville rasitukset kaikissa kokoonpanon osissa ja niveliissä.

SimDesigner soveltuu 3D-mallien tarkasteluun ja SAM5.0 tasokappaleisiin. Vertailuarvot voidaan laskea SAM5.0-ohjelman avulla. Vertailuarvojen laskennassa pitää huomioida, että SimDesigner laskee suureiden arvot kolmen akselin suunnassa ja SAM5.0 kahden. Kun laskee vertailuarvoja SAM5.0:lla, pitää huomioida, mihin suuntaan akselit ovat.

Työn tavoitteena oli määrittää pneumaattisen tarttujan mekaanisiin osiin kohdistuvia rasituksia. Lähtötilanteessa 200N vakiovoima puristaa tarttujan leukoja yhteen ja sylinterin liike saa aikaan liikettä leuoissa ja aiheuttaa rasituksia tarttujan niveliin.

Rasitusten määrittämistä varten mallinnettiin Catialla tarttujan osat ja koottiin ne kokoonpanoksi. Sen jälkeen malli siirrettiin SimDesigneriin, jossa tarttujan mekaanisiin osiin määritettiin liikkeet ja ehdot, miten ne pääsevät liikkuman toistensa suhteen.

Liike simuloitiin ja sen jälkeen malli siirrettiin AdamsPostprosessor-moduuliin. Adamsissa valittiin nivel (Joint), johon vaikuttavia voimia halutaan tietää ja tulostettiin voimakäyrä. Voimakäyrä alkaa liikkeen alkamisesta ja kestää 4,5 sekuntia. Alkuvoima on se voima, joka tarvitaan liikkeen aikaansaamiseksi.

VIITELUETTELO

[1]

Tämä on esimerkki kaksisivuistesta liitteestä, miten se pitää merkitä...

Tämä on siis sen kaksisivuisen liitteen toinen sivu....